



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE VEHICULAR TIERRA PROMETIDA,
EN EL DISTRITO III DEL MUNICIPIO DE MANAGUA.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

Tutor

Dr. Néstor Javier Lanza Mejía

Managua, Mayo de 2015



jueves, 19 de febrero de 2015

DR. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
DECANO FTC
SU DESPACHO

Estimado Ing. Gutiérrez Somarriba,

Tengo el agrado de dirigirme a Usted con relación a la conclusión de la tutoría de monografía titulada "ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE VEHICULAR TIERRA PROMETIDA, EN EL DISTRITO III DEL MUNICIPIO DE MANAGUA", elaborada por los Brs. Larry José Pérez Aburto y Fabiola Gabriela Sánchez Molina como trabajo final para optar al título de Ingeniero Civil.

Considero que la monografía, contiene el desarrollo de temáticas que analiza aspectos y muy relacionado con el perfil profesional del campo la hidrotecnia vial, así como la adquisición de conocimientos, desarrollo de habilidades y destreza para que se desempeñe como un profesional en la carrera de ingeniería civil.

El estudio fue realizado de forma independiente, creativa por los Brs. Perez Aburto y Sanchez Molina y se considera que llena los requisitos para ser presentado ante el jurado que Usted nombre.

Sin más asunto a que hacer referencia, me suscribo de Usted, en espera de haber cumplido la expectativa planteada.

Atentamente,

Dr. Néstor J. Lanza M.
Ing. Civil Consultor
Carné N. 24013 Dic. 1995

Dr. Néstor Javier Lanza Mejía
Agua y Saneamiento e Hidrotecnia vial
Consultor

CC.- Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.089

Managua, febrero 26 de 2014.

Bachilleres
LARRY JOSE PEREZ ABURTO
FABIOLA GABRIELA SANCHEZ MOLINA
Presente

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema de Monografía titulado " **ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE VEHICULAR TIERRA PROMETIDA, EN EL DISTRITO III DEL MUNICIPIO DE MANAGUA**". Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, de que el Dr. Ing. NESTOR JAVIER LANZA MEJIA, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el 26 de agosto de 2014.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
DIOGS*mary



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 01072

Managua, octubre 09 del 2014.

Bachilleres

LARRY JOSE PEREZ ABURTO

FABIOLA GABRIELA SANCHEZ MOLINA

Presente

Estimados Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de PRORROGA, para finalizar su trabajo De monografía titulado "ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE VEHICULAR TIERRA PROMETIDA, EN EL DISTRITO III DEL MUNICIPIO DE MANAGUA". Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberán presentar concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía el 30 de enero del 2015.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,



DR. ING. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano

CC: Tutor

Archivo-Consecutivo

AGRADECIMIENTO

Este trabajo monográfico no sería posible sin la colaboración de:

- *Nuestro tutor, Dr. Néstor Javier Lanzas Mejía, por su valiosa guía y asesoramiento para la culminación de nuestros estudios profesionales.*
- *La Universidad Nacional de Ingeniería, nuestra Alma Mater, que nos brindó el conocimiento y la oportunidad de convertirnos en profesionales, así como el financiamiento para la elaboración de este estudio.*
- *Ing. Freddy Sarria, Director de Drenaje Pluvial de la Alcaldía de Managua, por brindarnos los datos disponibles del proyecto.*
- *El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), por proporcionarnos los mapas de suelo de la zona y los datos de precipitaciones extremas.*
- *Ing. Leonel Corea Aguilar, Gerente General de Master Construction, por facilitarnos información y el acceso al proyecto, y brindarnos la ayuda de su personal para tomar las muestras de suelo.*

Con todos ellos nos sentimos profundamente agradecidos, por el apoyo y el tiempo dedicado para la culminación de este documento.

DEDICATORIA.

A Dios que me ha dado la vida, ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, brindándome fortaleza y sabiduría para poder culminar este trabajo monográfico.

A mi padre Cornelio Pérez, mi madre Catalina Aburto y mi tía Tomasa Stevens, que con todo su amor, dedicación, cariño y sacrificio han logrado formarme con buenos hábitos, valores y principios, para poder culminar mis estudios.

A mis hermanos Franklin, Juan, Wilfredo, y Wilberth, que siempre han estado brindándome su apoyo emocional y económico, y Jerryh Alexander quien ya no está presente pero siempre recordare.

A mi novia Fabiola Sánchez, por el amor y apoyo que me diste con toda tu paciencia y comprensión, alentándome a seguir cuando me sentía agotado.

Para ellos es esta dedicatoria, pues sin ellos no hubiera logrado esta meta.

Br. Larry José Pérez Aburto.

DEDICATORIA.

A Dios por bendecirme con su amor infinito y por darme la dicha de compartir el logro de mis metas con mis seres queridos.

A mis padres Lic. Marlyn Molina Hodson y Lic. Jorge Sánchez García por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su amor, sus consejos y valores, por la motivación constante y apoyo incondicional en mi educación académica.

A mi tía por su afecto y comprensión, esto también se lo debo a usted.

A mis sobrinas, para que vean en mí un ejemplo a seguir.

A mi abuelita que aunque no está físicamente conmigo, sé que desde el cielo siempre cuida y guía mi camino.

A Larry Pérez Aburto, por tu respaldo y cariño absoluto, has sido mi novio, amigo y compañero inseparable.

Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina.

ÍNDICE

<u>CAPITULO 1. GENERALIDADES.</u>	<u>1</u>
1.1 INTRODUCCIÓN.	2
1.2 ANTECEDENTES.	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.	4
1.4 OBJETIVOS.	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	5
<u>CAPITULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.</u>	<u>6</u>
2.1 CICLO HIDROLÓGICO.	7
2.2 CUENCA HIDROGRÁFICA.	7
2.3 ARC-GIS.	8
2.3.1 ARC-MAP.	8
2.3.2 HEC-GeoHMS.	8
2.3.3 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL DEM.	8
2.3.4 RÁSTER.	8
2.3.5 SHAPE.	9
2.3.6 TIN.	9
2.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO.	9
2.4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA CUENCA.	9
2.4.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.	12
2.4.3 HIETOGRAMA.	13
2.4.4 CURVAS IDF.	13
2.4.5 TORMENTA DE DISEÑO.	13
2.4.6 MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO.	14
2.4.7 HIDROGRAMA.	14
2.4.8 MÉTODO SCS PARA ABSTRACCIONES.	14
2.4.9 HIDROGRAMA ADIMENSIONAL SCS.	17
2.4.10 TRÁNSITO HIDROLÓGICO EN CAUCE.	19
2.5 ANÁLISIS HIDRÁULICO.	23
2.5.1 MODELO HEC-RAS.	23

2.5.2	FLUJO PERMANENTE.	23
2.5.3	HIDRÁULICA DE PUENTES.	29
2.5.4	SOCAVACIÓN EN PUENTE.	31
2.5.5	SOCAVACIÓN POR GENERAL POR CONTRACCIÓN.	32
2.5.6	SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS.	34

CAPITULO 3. METODOLOGIA. **37**

3.1	PROCEDIMIENTO ARCGIS 10.1.	38
3.1.1	PASOS PREVIOS.	38
3.1.2	CREACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO (DEM).	38
3.1.3	ANÁLISIS DEL TERRENO.	41
3.1.4	INICIAR NUEVO PROYECTO EN HECGEOHMS.	46
3.1.5	CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA.	46
3.1.6	ENLAZAR ARC-GIS CON HEC HMS.	48
3.2	ANÁLISIS HIDROLOGICO CON HEC-HMS.	49
3.2.1	HEC HMS.	49
3.2.2	SELECCIÓN DEL PERÍODO DE RETORNO.	49
3.2.3	CREAR NUEVO PROYECTO EN HEC-HMS.	50
3.2.4	IMPORTAR EL MODELO DE CUENCA.	50
3.2.5	ESPECIFICAR LOS PARÁMETROS DE CÁLCULO.	50
3.2.6	ADMINISTRADOR DE DATOS DE SERIES DE TIEMPO.	50
3.2.7	CREAR MODELO METEOROLÓGICO.	50
3.2.8	CONTROL DE ESPECIFICACIONES.	51
3.2.9	CREAR Y CALCULAR UNA CORRIDA DE SIMULACIÓN.	51
3.3	ANÁLISIS HIDRAULICO CON HEC-RAS.	51
3.3.1	MODELACION HIDRAULICA DEL CAUCE.	51
3.3.2	COMPONENTE DE DATOS GEOMÉTRICOS.	52
3.3.3	SISTEMA ESQUEMÁTICO DEL CAUCE.	52
3.3.4	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE.	54
3.3.5	SECCIONES TRANSVERSALES CON FLUJO INEFECTIVO.	56
3.3.6	COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN.	57
3.3.7	MODELACIÓN DE HIDRÁULICA DE PUENTE CON HEC-RAS.	58
3.3.8	DATOS HIDRAULICOS PARA FLUJO PERMANENTE.	67
3.3.9	PLAN Y EJECUCIÓN DEL MODELO PARA FLUJO UNIFORME.	69

<u>CAPITULO 4.</u>	<u>ANÁLISIS Y RESULTADOS.</u>	<u>70</u>
4.1	UBICACIÓN DEL PUNTO DE ESTUDIO.	71
4.2	DETERMINACIÓN DE LA CUENCA CON ARCGIS.	72
4.2.1	CREACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO.	72
4.2.2	ANÁLISIS DE FLUJO.	73
4.2.3	DELIMITACION DE LA CUENCA TIERRA PROMETIDA.	74
4.3	ANÁLISIS HIDROLÓGICO EN SOFTWARE HEC-HMS V 3.4.	76
4.3.1	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA.	77
4.3.2	SELECCIÓN DEL PERÍODO DE RETORNO.	80
4.3.3	SELECCIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA	81
4.3.4	CALCULO DE HIETOGRAMAS - MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO.	82
4.3.5	EVALUACION DEL MODELO HIDROLÓGICO EN HEC-HMS.	86
4.3.6	MODELO METEOROLÓGICO.	90
4.3.7	RESULTADOS DEL PROCESO DE MODELACION CON HEC HMS.	90
4.4	ANÁLISIS HIDRAULICO CON SOFTWARE HEC-RAS 4.1.0.	99
4.4.1	INGRESO DE DATOS GEOMETRICOS.	100
4.4.2	VALORES DE MANNING.	101
4.4.3	COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN.	103
4.4.4	INGRESO DE LOS DATOS GEOMETRICOS DEL PUENTE.	103
4.4.5	TABLERO DEL PUENTE.	104
4.4.6	ESTRIBOS DEL PUENTE.	105
4.4.7	INGRESO DE PARAMETROS HIDRAULICOS.	106
4.4.8	CREACION Y EJECUCION DEL PLAN.	107
4.4.9	RESULTADOS DEL MODELO HIDRAULICO.	108
4.5	ANÁLISIS DE SOCAVACION CON HEC-RAS.	117
4.5.1	SOCAVACION POR CONTRACCIÓN.	117
4.5.2	SOCAVACION LOCAL EN ESTRIBOS.	118
<u>CAPITULO 5.</u>	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</u>	<u>121</u>
5.1	CONCLUSIONES.	122
5.2	RECOMENDACIONES.	124
<u>CAPITULO 6.</u>	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>125</u>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS.....	15
Figura 2 - Solución de las ecuaciones de escurrimiento del SCS.....	16
Figura 3 - Hidrogramas unitarios sintético del SCS. a) Hidrograma adimensional y b) Hidrograma unitario triangular.	18
Figura 4 - Solución de las ecuaciones de escurrimiento del SCS.....	21
Figura 5 - Representación de los términos en la ecuación de energía.....	24
Figura 6 - Subdivisión utilizada por HEC-RAS para cada sección transversal.	26
Figura 7 - Ejemplo de la obtención de la energía media.	26
Figura 8 - Secciones transversales relativas a la ubicación del puente.....	30
Figura 9 - Factor de corrección de la inclinación del estribo.....	35
Figura 10 - Georeferencia del DEM.	38
Figura 11 - Transformación del formato de curvas de nivel.....	39
Figura 12 - Crear TIN.....	39
Figura 13 - Reacondicionamiento del DEM.....	41
Figura 14 - Vista de perfil de un sumidero antes y después de ejecutar relleno.....	42
Figura 15 - Vista de perfil de un pico antes y después de ejecutar relleno.....	42
Figura 16 - Dirección de flujo por celda.....	43
Figura 17 - Acumulación de flujo por celda.	44
Figura 18 - Conversión de las unidades del mapa.	48
Figura 19 - Sistema esquemático de río.	53
Figura 20 - Esquema del cauce con ubicación de la obra de cruce.	54
Figura 21 - Secciones transversales del cauce.....	55
Figura 22 - Definición de las banquetas de inundación.	56
Figura 23 - Ejemplo de áreas inefectivas de flujo.....	57
Figura 24 - Distancia entre secciones transversales relativas a la ubicación del puente.	63
Figura 25 - Áreas inefectivas del flujo en las secciones del puente.....	64
Figura 26 - Ubicación de las secciones del puente en perfil.....	64
Figura 27 - Porción de las secciones inefectivas (2-2) y (3-3).	65
Figura 28 - Ilustración geométrica del tablero del puente.....	66
Figura 29 - Estaciones de ubicación del estribo de puente.	66
Figura 30 - Editor de perfiles de flujo.	67
Figura 31 - Editor de condiciones de contorno.....	68
Figura 32 - Plan de análisis de Flujo Permanente.....	69
Figura 33 - Mapa de Macrolocalización.	71
Figura 34 - Mapa de Microlocalización.....	72
Figura 35 -Transformación de curvas de nivel a DEM.	72

Figura 36 - Mapa de dirección de flujo.....	73
Figura 37 - Mapa de acumulación de flujo.	74
Figura 38 - Delimitación de la cuenca del puente Tierra Prometida.	75
Figura 39 - Cuenca del puente Tierra Prometida con características físicas.	76
Figura 40 - Curva hipsométrica.....	79
Figura 41 - Histograma de frecuencias altimétricas.	80
Figura 42 - Ubicación de la estación ACS con respecto a la cuenca.	81
Figura 43 - Modelo de cuenca.	86
Figura 44 - Propiedades de las subcuencas HEC-HMS.....	87
Figura 45 - Ingreso de números de curvas en HEC-HMS.	88
Figura 46 - Ingreso de lag time en HEC-HMS.....	89
Figura 47 - Ingreso de tiempo de retardo y factor proporcionalidad de cuña.....	90
Figura 48 - Modelo meteorológico.	90
Figura 49 - Hidrograma W40 (TR : 50).....	91
Figura 50 - Hidrograma W50 (TR : 50).....	92
Figura 51 - Hidrograma W60 (TR : 50).....	93
Figura 52 - Hidrograma en la unión (TR : 50).....	94
Figura 53 - Tránsito de R10 (TR : 50).	95
Figura 54 - Hidrograma de salida en el punto de cierre (TR :50).....	95
Figura 55 - Esquema del cauce.	100
Figura 56 - Datos geométricos.....	101
Figura 57 - Editor del tablero del puente.	105
Figura 58 - Ingreso de datos de los estribos.	105
Figura 59 - Selección del método de cálculo en la zona del puente.....	106
Figura 60 - Datos de flujo.....	106
Figura 61 - Ingreso de condiciones de contorno.	107
Figura 62 - Creación y ejecución del plan.	107
Figura 63 - Perfil del cauce (TR-50).....	108
Figura 64 - Sección aguas arriba del puente (TR-50).	109
Figura 65 - Sección aguas abajo del puente (TR-50).....	109
Figura 66 - Secciones aguas arriba desde 0+000 hasta 0+049.98 (TR-50).	112
Figura 67 - Secciones aguas arriba desde 0+050 hasta 0+091.75 (TR-50).	113
Figura 68 -Secciones aguas abajo desde 0+104.87 hasta 0+160 (TR-50).....	114
Figura 69 - Secciones aguas abajo desde 0+160 hasta 0+200 (TR-50).....	115
Figura 70 - Vista tridimensional del cauce (TR-50).	115
Figura 71 - Socavación en el puente: Socavación por contracción.	117
Figura 72 - Socavación en el puente: Socavación local en estribos.....	119
Figura 73 - Socavación total vs Caudal.....	120

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 - Fórmulas tiempo de concentración.....	12
Tabla 2- Clasificación de antecedentes de humedad (AMC) para el método SCS.	17
Tabla 3 - Coeficiente de la forma del estribo.	35
Tabla 4 - Coeficiente de contracción y expansión en flujo subcrítico.....	58
Tabla 5 - Rangos de coeficientes de razón de expansión.	60
Tabla 6 - Rango de coeficientes de razón de contracción.	62
Tabla 7 - Datos de cada subcuenca.....	77
Tabla 8 - Áreas sobre las curvas - Curva Hipsométrica.....	78
Tabla 9 - Áreas sobre curva - Histograma de frecuencias altimétricas.	79
Tabla 10 - Precipitación PR - 25 años.....	83
Tabla 11 - Precipitación PR - 50 años.....	84
Tabla 12 - Precipitación PR - 100 años.....	85
Tabla 13 - Determinación del número de curva – Método SCS.....	87
Tabla 14 – Resultados de series de tiempo - W40 (TR : 50).	91
Tabla 15 – Resultados de series de tiempo - W50 (TR : 50).	92
Tabla 16 - Resultados de series de tiempo – W60 (TR : 50).	93
Tabla 17 - Resultados de series de tiempo – Tránsito R10 (TR : 50).	94
Tabla 18 - Sumario global de resultados (TR: 50).	96
Tabla 19 - Sumario global de resultados (TR : 25).	96
Tabla 20 - Sumario global de resultados (TR : 100).	97
Tabla 21 - Sumario global de resultados (Evento IRENE).	97
Tabla 22 - Sumario global de resultados (Evento JOAN).	97
Tabla 23 - Sumario global de resultados (Evento MITCH).....	98
Tabla 24 - Resumen de caudales calculados para cada evento.....	98
Tabla 25 - Números de manning del modelo hidráulico.....	102
Tabla 26 - Coeficientes de contracción y expansión del modelo hidráulico.	103
Tabla 27 - Resumen de resultado del puente Tierra Prometida (TR-50).	110
Tabla 28 - Resumen de los resultados para cada sección (TR-50).	111
Tabla 29 - Borde libre.....	116
Tabla 30 - Resumen de socavación para diferentes caudales.	120

CAPITULO 1. GENERALIDADES.

1.1 INTRODUCCIÓN.

En los últimos años la realización de estudios hidrotécnicos ha tomado gran importancia, debido a las consecuencias ocasionadas por los desastres naturales; la falta de previsión de drenajes y el diseño inadecuado conllevan indiscutiblemente a razonar que el proyecto no se realizó de manera apropiada; provocando pérdidas económicas. De esto depende la importancia que tiene un estudio integral y completo, tanto del área hidrológica para diseño de rasantes en obras de drenaje mayor, en base a la máxima crecida que puede presentar un cauce natural; así como el análisis técnico para el diseño adecuado de todas las obras hidráulicas.

Se requiere el uso apropiado de métodos hidrológicos para determinar el caudal de diseño, en correspondencia al caudal que puede ser igualado o excedido a una probabilidad de ocurrencia.

Los estudios hidrotécnicos de drenaje mayor, tienen la finalidad valorar la eficiencia hidráulica del puente a construir para conocer si es capaz de evacuar la escorrentía y evaluar el efecto de las crecidas.

En nuestro trabajo monográfico se ejecuta el estudio hidrotécnico de la obra de cruce “Puente Vehicular Tierra Prometida”, contemplada en el proyecto de mejoramiento vial del Barrio Tierra Prometida y Colonia Independencia con un costo de C\$ 4,123,000.00, ubicado en la calle sur de la empresa NESTLÉ (**Capítulo 4, Figura 33 y 34**); asistidos por el programa ARC-GIS, HEC-RAS y HEC-HMS; se tomará en consideración criterios técnicos sólidos y coherentes, para verificar el buen diseño constructivo de la estructura de drenaje.

1.2 ANTECEDENTES.

En Nicaragua, se han realizado anteriormente estudios de vulnerabilidad de estructuras de drenaje, y se determina mediante una combinación de factores que influyen en la descarga de las aguas escurridas después de la lluvia.

Los sectores de la Colonia Independencia y el Barrio Tierra Prometida del Distrito III de Managua están divididos por el Cauce Cuajachillo, catalogado como zona vulnerable; debido a sus volúmenes de agua, y la falta de revestimiento, que permite que la descarga de aguas negras erosione sus taludes.

En los años anteriores durante el invierno los taludes han sufrido daños; varias viviendas se encontraban vulnerables, y muchas más sufrieron inundaciones, por lo que la comuna capitalina estableció este punto como prioritario para ejecutar obras.

En el año 2012 la Alcaldía de Managua con el fin de prevenir y mitigar los efectos de las avenidas llevo a cabo el proyecto de estabilización de las laderas del cauce; la obra presupuestada en C\$ 2,035,225.00, consistió en la instalación de 200 metros lineales de muros de gaviones, que reducirían los riesgos de desprendimiento; sin embargo durante el invierno 2013 los muros de gaviones que brindaban estabilidad a los taludes sufrieron daños poniendo en peligro a la población nuevamente.

Actualmente la Alcaldía de Managua ha puesto en marcha el proceso de construcción del Puente “Tierra Prometida”, por lo que consideramos que análisis hidrotécnico es de vital importancia.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

Cada año en nuestro país, se presentan problemas relacionados con inundaciones; sin embargo, las instituciones encargadas no cuentan con los suficientes recursos para desarrollar proyectos de mitigación a este tipo de situaciones.

Nicaragua es uno de los países que muestra mayor vulnerabilidad al cambio climático global; siendo un gran reto que el gobierno, legisladores, académicos, empresarios y sociedad civil debe tener en claro, y tomar conciencia en conjunto como un esfuerzo nacional que requiere una acción prioritaria.

El mal diseño de canales y obras de cruce, sumada al uso del suelo que impermeabiliza la cuenca sur del Municipio de Managua, genera alto riesgo frente a desastres desencadenados por eventos extremos.

Muchos proyectos hidráulicos no se diseñan con el debido desarrollo de estudios hidrotécnicos ni tomando en cuenta las condiciones existentes de suelo; obviar estas consideraciones contribuye a generar deficiencia en las obras construidas; ya sea provocando áreas de inundación o en el peor de los escenarios desbordamientos o colapso de las obras de cruce.

El propósito de realizar el estudio hidrotécnico del Puente “Tierra Prometida”, es evaluar la estructura propuesta, prevenir desbordamientos y calcular profundidades de socavación; debido a que en el diseño de la estructura no se valoró la incidencia de las crecidas en la obra de cruce, por falta de tiempo originada por la urgencia del proyecto de proveer un mejor acceso al Barrio Tierra Prometida y aprovechar el presupuesto de la comuna capitalina.

Se requiere un análisis detallado y exhaustivo ya que del comportamiento de la obra ante un evento extremo dependen vidas humanas.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Realizar el análisis hidrotécnico para evaluar la eficiencia de la obra de drenaje mayor “Puente Tierra prometida” en el Distrito III del Municipio de Managua; haciendo uso de los software ARCGIS v 10.1, HEC-HMS v 3.4 y HEC-RAS v 4.1.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Delimitar la cuenca hidrográfica y el sistema de drenaje que desemboca en el cauce en estudio, auxiliados con el software ARCGIS v 10.1.
- Determinar los caudales máximos de escorrentía generados por las tormentas de diseño, haciendo uso del software HEC-HMS v 3.4.
- Realizar el análisis hidráulico con el fin de evaluar la capacidad del puente propuesto por la Alcaldía de Managua, con ayuda del software HEC-RAS v 4.1.
- Evaluar el riesgo potencial de socavación en el puente causado por avenidas extraordinarias.

CAPITULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

2.1 CICLO HIDROLÓGICO¹.

El ciclo hidrológico comprende una serie de procesos continuos e interdependientes, de movimiento y transferencia de agua en la tierra, el océano, cuerpos de agua y la atmósfera. Por ser un ciclo, no tiene punto de partida, sin embargo para explicarlo, se puede iniciar por la evaporación que se produce en el océano, en lagos, embalses, y la evapotranspiración de las plantas, la cual es la combinación del agua que se pierde por evaporación en el suelo y transpiración en el material vegetal. Esta evaporación y evapotranspiración, son producidas por la energía suministrada por el sol e influenciadas por las condiciones climáticas e hídricas de temperatura, radiación, viento y humedad. De esta forma, el agua cambia de un estado líquido a un estado gaseoso.

El agua en forma de vapor pasa a la atmósfera, y en este ascenso, pierde calor y se produce el proceso de condensación alrededor de núcleos de condensación (los cuales pueden ser partículas de polvo que flotan en el aire), creando pequeñas gotas de agua. Estas pequeñas gotas de agua, crean nubes, y en su circulación se van uniando entre ellas, creando gotas más grandes, las cuales por su peso, se precipitan finalmente en forma de lluvia (nieve o granizo).

Parte de la precipitación es interceptada por la vegetación, otra parte cae al suelo y dependiendo de las condiciones de la cobertura y tipo de suelo y de la pendiente del terreno; esta agua puede quedar encharcada, escurrir superficialmente o infiltrarse.

2.2 CUENCA HIDROGRÁFICA.

La cuenca hidrográfica es la unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocida como “parteaguas”.

El parteaguas teóricamente es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición

¹ <http://agua.marn.gob.sv/Documentos/Estudios/bh2005.pdf>

opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona más baja.

2.3 ARC-GIS².

Es una completa plataforma de información que permite crear, analizar, almacenar y difundir datos, modelos, mapas y globos en 3D.

2.3.1 ARC-MAP.

Es un software de Sistema de Información Geográfico (SIG) creado por ESRI para mapeo digital; en cual se puede visualizar asociaciones en la información geográfica y modelos a diferentes escalas. Permite la creación de mapas que llevan implícito mensajes o resultados de análisis geográficos.

2.3.2 HEC-GeoHMS.

Es una extensión para ArcGIS que ha sido desarrollada como un grupo de herramientas hidrológicas geoespaciales para ingenieros e hidrólogos con una limitada experiencia en sistemas de información geográfica (SIG); permite visualizar información espacial, características de la cuenca, realizar análisis espaciales, delinear cuencas y ríos, construir las entradas para modelos hidrológicos y ayudar en la preparación de informes. Trabajando con HEC-GeoHMS a través de sus interfaces se puede crear rápidamente entradas hidrológicas que pueden usarse directamente con HEC-HMS.

2.3.3 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL DEM.

Es un modelo del área de estudio con información espacial. Puede ser creado a partir de curvas de nivel en formato CAD, posteriormente transformado en un formato TIN y finalmente en un archivo tipo Ráster.

2.3.4 RÁSTER.

Consiste de un modelo de cuadrícula o celdas rectangulares. La ubicación de cada celda o pixel es definida por su número de línea y columna. El valor

² Manual de ArcGis 9.3 y Hec-GeoHMS, Rufo Holvin Casco Arévalo

asignado a cada celda representa un atributo del objeto geográfico y un área de la superficie de la tierra.

2.3.5 SHAPE.

Es un formato de datos geográficos de ArcView, que pueden representar objetos geográficos de líneas, puntos, y áreas (polígonos).

2.3.6 TIN.

Es un formato que contiene una serie de triángulos exactos que cubren un área con un valor de elevación (coordenada z).

2.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO.

2.4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA CUENCA.

2.4.1.1 PARÁMETROS DE FORMA.

a) Área de la cuenca (A).

Es el área drenada y definida por la línea divisoria hasta el punto de cierre, se puede obtener por medio del modelo digital del terreno y la asistencia del programa **Arc-Map** y la extensión **HEC GeoHMS**, en conjunto con los planos geodésicos.

b) Perímetro de la Cuenca (P):

Es la longitud del límite exterior de la cuenca definida por el parteaguas, depende de la superficie y la forma de la cuenca.

c) Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (K_c)³.

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual. Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular tendrá un coeficiente de compacidad mínimo igual a la unidad, en cuyo caso poseerá mayor tendencia a las crecientes.

³Hidrología básica. Parámetros geomorfológicos de la cuenca Chancay-Lambayeque
<http://intranet.ucvlima.edu.pe/campus/HDVirtual/60011425/SESSION07/8000001410/PARAMETROS%20GEOMORFOLOGICOS.pdf>

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Dónde:

P : Perímetro de la cuenca en km.

A : Área de la cuenca en km^2 .

d) Factor de forma.

Es la relación entre el ancho medio y la longitud del cauce principal de la cuenca. El ancho medio se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud del cauce principal.

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Es importante mencionar que una cuenca con un factor de forma bajo esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma.

2.4.1.2 PARÁMETROS DE RELIEVE.

a) Longitud total del cauce (L)⁴.

La longitud se mide tomando en cuenta el cauce principal, que generalmente es el de mayor recorrido partiendo del punto más remoto hasta el punto de control de cierre.

b) Altura máxima (H_{\max}).

Es la elevación máxima del punto más remoto del cauce principal donde se inicia el escurrimiento del agua.

c) Altura Mínima (H_{\min}).

Es la elevación del punto de control de la subcuencas.

d) Pendiente del Cauce (S_c).

Es la pendiente del fondo del cauce principal

⁴ Dr. Néstor Lanza Mejía. Introducción Hidrotecnia Vial. Managua, Universidad Nacional de Ingeniería.

$$Sc = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \quad \text{Ec. 2.3}$$

e) Curva hipsométrica⁵.

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca e indica el porcentaje de su área o superficie en km² que existe por encima de una cota determinada.

Una curva hipsométrica puede proporcionar datos sobre las características fisiográficas de la cuenca. Por ejemplo, si la curva tiene concavidad hacia arriba indica una cuenca con valles extensos y cumbres escarpadas y lo contrario indicaría valles profundos y sabanas planas.

f) Histograma de frecuencias altimétricas.

Es la representación de la superficie, en km² o en porcentaje, comprendida entre dos cotas, siendo la marca de clase el promedio de las alturas. La representación de varios niveles da lugar al histograma, que es obtenido de los mismos datos que la curva hipsométrica.

Realmente la curva hipsométrica y el histograma contienen la misma información pero con una representación diferente, dando una idea probabilística de la variación de la altura en la cuenca.

2.4.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE⁶.

El sistema de drenaje está constituido por un curso principal y sus tributarios. Por lo general, cuanto más largo sea el curso de agua principal, más bifurcaciones tendrá la red de drenaje.

a) Densidad de drenaje (Dd).

La densidad de drenaje se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total. Principalmente se utiliza para determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca en cada uno de sus sectores.

⁵Morfología de las cuencas hidrográficas. Universidad Politécnica de Valencia.

<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf>

⁶Hidrología. Tomo I: Componentes biofísicos. Corporación Suna Hisca (Colombia).

La baja densidad de drenaje indica que las precipitaciones no influyen inmediatamente.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Dónde:

L : Longitud del cauce en km.

A : Área total de la cuenca en km^2 .

2.4.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN⁷.

Es el tiempo que tarda en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Otros autores reportan como el tiempo comprendido entre el centroide del hietograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo. Existen distintas fórmulas que permiten el cálculo de este tiempo desarrollada por diversos autores.

Tabla 1 - Fórmulas tiempo de concentración.

Autor	Fórmula
Kirpich	$T_c = \frac{0.06628 * L^{0.77}}{S_c^{0.385}}$
Temez	$T_c = 0.126 * \left(\frac{L}{S_c^{0.35}} \right)^{0.75}$
Pasini	$T_c = 0.023 * \left(A * \frac{L}{S_c} \right)^{0.5}$
Pizarro	$T_c = 13.548 * \left(\frac{L^2}{H} \right)^{0.77}$

Para el caso de cuencas pequeñas, en Nicaragua se aplica la fórmula propuesta por el Ing. Eduardo Basso, en el método del proyecto hidrometeorológico centroamericano (PHCA).

⁷ Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Mayor. Ministerio de Transporte e Infraestructura. Corea y Asociados S.A. (CORASCO).

$$T_c = 0.0041 * \left(\frac{3.28 * L}{\sqrt{S_c}} \right)^{0.77} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Dónde:

T_c : Tiempo de concentración (min).

L : Longitud del cauce principal (m).

S_c : Pendiente del cauce principal (m/m).

A : Área del cuenca (km^2).

H : Diferencia de alturas (m).

2.4.3 HIETOGRAMA⁸.

Un hietograma es un diagrama que expresa precipitación en función del tiempo. En las ordenadas se puede ubicar la precipitación de caída (mm), o bien la intensidad de la precipitación (mm/hora).

2.4.4 CURVAS IDF.

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), son curvas que resultan de unir puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración y correspondientes a una misma frecuencia o período de retorno.

2.4.4.1 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.

Se define como la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (o pulgadas por hora).

2.4.5 TORMENTA DE DISEÑO.

Las estructuras y canales se diseñan para transportar y almacenar la escorrentía generada por una tormenta que tiene una frecuencia y ocurrencia determinada en la localidad de estudio. Los datos que se necesitan son fundamentalmente pluviométricos, obtenidos en las estaciones hidrométricas.

⁸ <http://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>

2.4.6 MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO⁹.

El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt sobre una duración total de $T_d = n \Delta t$.

Después de seleccionar el período de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δt , $2 \Delta t$, $3 \Delta t$, ..., y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt . Estos incrementos se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida T_d y los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.

2.4.7 HIDROGRAMA¹⁰.

Es una gráfica que muestra la tasa de flujo como función del tiempo en un lugar dado de la corriente.

2.4.8 MÉTODO SCS PARA ABSTRACCIONES.

El Soil Conservation Service (1972) desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa P_e es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P ; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua

⁹ Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Mayor. Ministerio de Transporte e Infraestructura. Corea y Asociados S.A. (CORASCO).

¹⁰ Hidrología Aplicada - Ven Te Chow - Mc Graw Hill

retenida en la cuenca F_a es menor o igual a alguna retención potencial máxima S . Existe una cierta cantidad de precipitación I_a (abstracción inicial antes del encharcamiento), para lo cual no ocurrirá escorrentía, la escorrentía potencial es $P - I_a$.

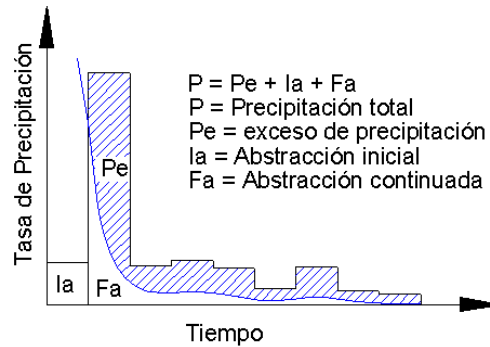


Figura 1 - Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS.

La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Del principio de continuidad

$$P = P_e + I_a + F_a \quad \text{Ec. 2.7}$$

Combinando las **ecuaciones 2.6 y 2.7** y resolviendo en función de P_e se encuentra.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{Ec. 2.8}$$

La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS.

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica.

$$I_a = 0.2 S \quad \text{Ec. 2.9}$$

Con base en esto.

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \text{Ec. 2.10}$$

Al representar gráficamente la ecuación de la precipitación neta en función de la precipitación caída para muchas cuencas, el SCS encontró curvas como se muestra en la **Figura 2**:

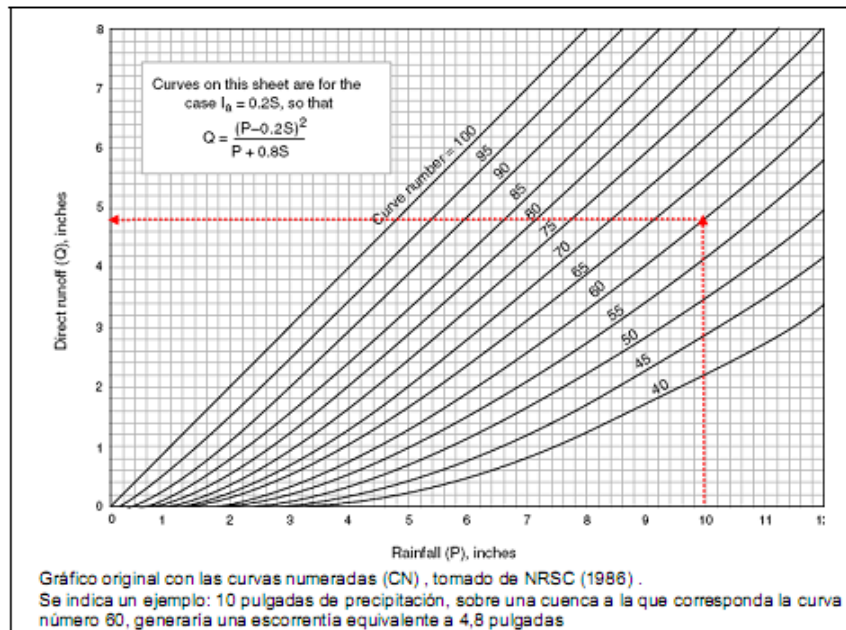


Figura 2 - Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS.

Para estandarizar estas curvas, se define un número adimensional de curva CN , tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y superficies de agua $CN=100$; para superficie naturales $CN < 100$.

Para distintos valores de S se consideró conveniente el siguiente cambio de variable:

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \quad \text{Ec. 2.11}$$

Donde S está en pulgadas.

Si la máxima abstracción S , esta expresada en mm, esta expresión se convierte en la siguiente:

$$CN = \frac{25400}{254 + S} \quad \text{Ec. 2.12}$$

Los números de curva que se muestran en la **Figura 2** se aplican para *condiciones antecedentes de humedad* (AMC, por sus siglas en inglés) *Normales* (AMC II). Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curva equivalente pueden calcularse por:

$$CN(I) = \frac{4.2 * CN(II)}{10 - 0.058 * CN(II)} \quad \text{Ec. 2.13}$$

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0.13 * CN(II)} \quad \text{Ec. 2.14}$$

Tabla 2- Clasificación de antecedentes de humedad (AMC) para el método SCS.

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg)	
	Estación Inactiva	Estación de crecimiento
I	Menor que 0.5	Menor que 1.4
II	0.5 a 1.1	1.4 a 2.1
III	Sobre 1.1	Sobre 2.1

Los valores de CN para distintos tipos y uso de suelos se dan en el **Anexo C**.

2.4.9 HIDROGRAMA ADIMENSIONAL SCS¹¹.

El hidrograma adimensional SCS es un hidrograma unitario sintético donde el caudal se expresa por la relación del caudal q con respecto al caudal pico q_p y el tiempo por la relación del tiempo t con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario T_p . Dados el caudal pico y el tiempo de retardo para la duración de exceso de precipitación, el hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la cuenca dada. La **Figura 3** muestra el hidrograma adimensional, preparado utilizando los hidrogramas

¹¹ Hidrología Aplicada - Ven Te Chow - Mc Graw Hill

unitarios para una variedad de cuencas. Los valores de q_p y T_p pueden estimarse usando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular, en donde el tiempo está dado en horas y el caudal en $m^3/s * cm$.

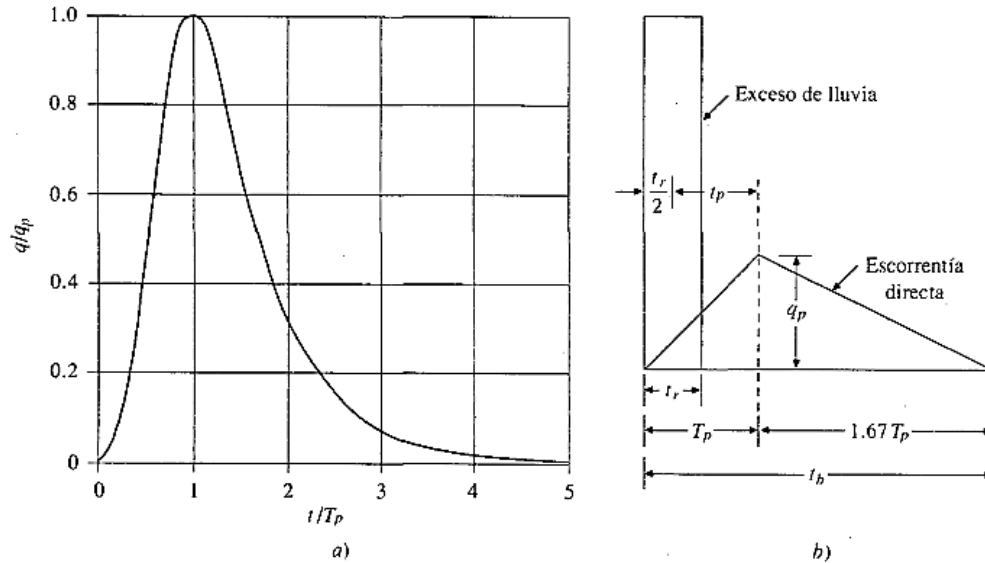


Figura 3 - Hidrogramas unitarios sintético del SCS. a) Hidrograma adimensional y b) Hidrograma unitario triangular.

Con base en la revisión de un gran número de hidrogramas unitarios, el Soil Conservation Service sugiere que el tiempo de recesión puede aproximarse como $1.67 * T_p$. Como el área bajo el hidrograma unitario debería ser igual a una escorrentía directa de 1 cm, puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{C * A}{T_p} \quad \text{Ec. 2.15}$$

Donde

C : Factor equivalente a 2.08 en sistema métrico.

A : Área de drenaje (km^2).

Adicionalmente, un estudio de los hidrogramas unitarios de muchas cuencas rurales grandes y pequeñas indica que el tiempo de retardo $t_p \approx 0.6 T_c$, donde T_c es el tiempo de concentración. Como se muestra en la **Figura 3**, el tiempo de

ocurrencia del pico T_p . Puede expresarse en términos del tiempo de retardo t_p y de la duración de la lluvia efectiva t_r .

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad \text{Ec. 2.16}$$

2.4.10 TRÁNSITO HIDROLÓGICO EN CAUCE.

El Método de Tránsito de Avenida constituye todos los procedimientos con los cuales se puede determinar el tiempo y la magnitud de una avenida en un punto del cauce, basándose en datos conocidos o supuestos en uno o más puntos aguas arriba del sitio de interés.

2.4.10.1 PARÁMETROS PARA EL TRÁNSITO¹².

- **Velocidad de tránsito (V_t)**

Para el primer tránsito es la velocidad del flujo en la primera subcuenca. Se determina con la fórmula de velocidad.

$$V_t = \frac{L}{T_c} \quad \text{Ec. 2.17}$$

Dónde:

V_t : Velocidad del flujo (m/min).

L : Longitud total del cauce en la subcuenca (m).

t_c : Tiempo de concentración en la subcuenca (min).

Si más de una subcuenca converge en el punto de cual se inicia el tránsito, será el promedio aritmético de las velocidades del flujo en cada subcuenca.

$$V_t = \frac{1}{n} [V_1 + V_2 + \dots + V_n] \quad \text{Ec. 2.18}$$

n : Cantidad de subcuenca que convergen en el punto a partir del cual se hará el tránsito.

¹² Dr. Néstor Lanza Mejía. Introducción Hidrotecnia Vial. Managua, Universidad Nacional de ingeniería, Facultad Tecnología de la construcción

Para el segundo tránsito y los posteriores es el promedio aritmético considerando la velocidad del flujo en cada subcuenca que converge en el punto donde inicia el tránsito incluida la velocidad del o los tránsitos (inmediatos anterior) realizados hasta dicho punto.

$$V_t = \frac{1}{x} [V_1 + V_2 + \dots + V_t(\text{realizado})] \quad \text{Ec. 2.19}$$

“x” representa la cantidad de datos a sumar.

- **Longitud de tránsito (L_t).**

Es la distancia entre dos puntos de control consecutivos, medidos sobre el cauce principal de la cuenca.

- **Tiempo de retardo (K).**

Representa el desfase entre el tiempo pico del hidrograma a transitar y el tiempo pico del hidrograma transitado.

$$K = L_t / V_t \quad \text{Ec. 2.20}$$

Dónde:

K : Tiempo de retardo (min).

L_t : Longitud del tramo del cauce principal a través del cual se hará el tránsito (m).

V_t : Velocidad del tránsito a realizar (m/min).

2.4.10.2 MÉTODO DE MUSKINGUM¹³.

El método de Muskingum se usa comúnmente para manejar relaciones caudal-almacenamiento variable. Este método modela el almacenamiento volumétrico de creciente en un canal del cauce mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma.

Durante el avance de la onda de creciente, el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida, siendo un almacenamiento de cuña. Durante la recesión, el caudal de salida es mayor que el caudal de entrada resultando una cuña

¹³ Hidrología Aplicada - Ven Te Chow - Mc Graw Hill

negativa. Adicionalmente, existe un almacenamiento por prisma que está formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo de la longitud del canal prismático.

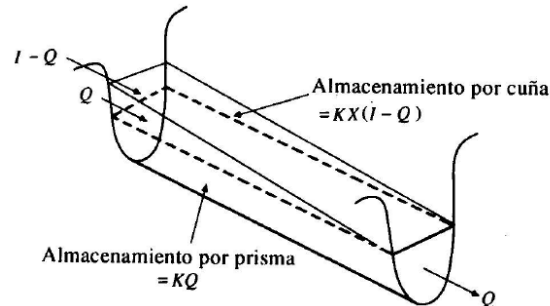


Figura 4 - Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS.

Suponiendo que el área de la sección transversal del flujo de creciente es directamente proporcional al caudal en la sección, el volumen de almacenamiento por prisma es igual a KQ donde K es un coeficiente de proporcionalidad, y el volumen almacenado por cuña es igual a $KX(I-Q)$, donde X es un factor de ponderación dentro del rango $0 \leq X \leq 0.5$. El almacenamiento total (S) es por consiguiente la suma de dos componentes.

$$S = KQ + KX(I - Q) \quad \text{Ec. 2.21}$$

La cual puede reordenarse para dar la función de almacenamiento para el método de Muskingum.

$$S = K[XI + (1 - X)Q] \quad \text{Ec. 2.22}$$

Y representa un modelo lineal para el tránsito de caudales en corriente.

El valor de X depende de la forma de almacenamiento por cuña, y varía desde 0 para un almacenamiento tipo embalse hasta 0.5 para una cuña completamente desarrollada. Cuando $X=0$, no existe cuña y por consiguiente no existe curva de remanso; y el cauce se comporta como embalse. $S=KQ$. En este caso se produciría la máxima atenuación posible. Cuando $X= 0.5$; se dice que la cuña está completamente desarrollada y no existiría atenuación alguna del pico. En cauces naturales muy caudalosos y de baja pendiente, X suele ser próximo a 0 y será más cercano a 0,5 cuanto más pendiente y menos caudal tenga el cauce.

En causas poco caudalosos, se puede tomar entre 0,1 a 0,3.

Los valores de almacenamiento de en el tiempo j y $j+1$ pueden escribirse respectivamente como:

$$S_j = K[XI_j + (1 + X)Q_j] \quad \text{Ec. 2.23}$$

Y

$$S_{j+1} = K[XI_{j+1} + (1 - X)Q_{j+1}] \quad \text{Ec. 2.24}$$

Utilizando las **ecuaciones 2.23 y 2.24**, el cambio de almacenamiento durante el intervalo de tiempo Δt es:

$$S_{j+1} - S_j = K\{[XI_{j+1} + (1 - X)Q_{j+1}] - XI_j + (1 + X)Q_j\} \quad \text{Ec. 2.25}$$

Al cambio de almacenamiento también puede expresarse, utilizando la ecuación como:

$$S_{j+1} - S_j = \frac{(I_j + I_{j+1})}{2} * \Delta t - \frac{(Q_j + Q_{j+1})}{2} * \Delta t \quad \text{Ec. 2.26}$$

Combinando las **ecuaciones 2.25 y 2.26** y simplificando se obtiene.

$$Q_{j+1} = C_1 * I_{j+1} + C_2 * I_j + C_3 * Q_j \quad \text{Ec. 2.27}$$

Que es la ecuación del tránsito de Muskingum, donde:

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t} \quad \text{Ec. 2.28}$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t} \quad \text{Ec. 2.29}$$

$$C_3 = \frac{2K(1 - X) - \Delta t}{2K(1 - X) + \Delta t} \quad \text{Ec. 2.30}$$

Nótese que $C_1 + C_2 + C_3 = 1$

2.5 ANÁLISIS HIDRÁULICO.

2.5.1 MODELO HEC-RAS¹⁴.

HEC–RAS es un sistema integral que permite realizar análisis hidráulico unidimensional. Fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos (Hydrologic Engineering Center), para realizar análisis de sistema de ríos (River Analysis System).

Facilita el cálculo de perfiles de agua y de los parámetros hidráulicos del cauce. Permite desarrollar estudios de flujo unidimensional permanente y variado, con regímenes subcrítico, supercrítico o crítico en tramos de cauces con pendientes menores del 10%.

También hace cálculo de profundidades de socavación, ayuda a modelar una variedad de puentes con diferentes formas de pilas y estribos y a calcular parámetros hidráulicos como niveles de agua, velocidades y áreas mojadas para diferentes caudales en el sitio de cierre.

2.5.2 FLUJO PERMANENTE¹⁵.

Esta componente ha sido diseñada para la estimación del perfil de la superficie libre en flujo permanente gradualmente variado. El modelo opera para un solo canal, sistema dendrítico, complejas redes o sistemas de canales. En régimen permanente es posible modelar flujo subcrítico, supercrítico y mixto.

El procedimiento computacional básico está basado en la solución de la ecuación unidimensional de energía. Las pérdidas de energía son debido a la fricción (cuantificadas mediante la ecuación de Manning), además de las pérdidas por contracción o expansión (mediante coeficientes que afectan a los

¹⁴ Capítulo 8. Manual de HEC-RAS. NELAME, 2012.

¹⁵ Us Army Corps of Engineers. HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. Version 4.1. January 2010.

términos de la altura de velocidad en la ecuación de energía).

El perfil de la superficie libre es calculado para cada sección resolviendo la ecuación de energía con un proceso iterativo denominado método del paso estándar (Chow, 1994). La ecuación de energía es escrita de la siguiente forma:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 * V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 * V_1^2}{2g} + h_e \quad \text{Ec. 2.31}$$

Donde

$Y_1; Y_2$: Profundidades del agua en la sección transversal.

$Z_1; Z_2$: Elevaciones de fondo del canal.

$V_1; V_2$: Velocidades promedio de cada sección.

$\alpha_1; \alpha_2$: Coeficientes de velocidad.

h_e : Pérdidas de energía.

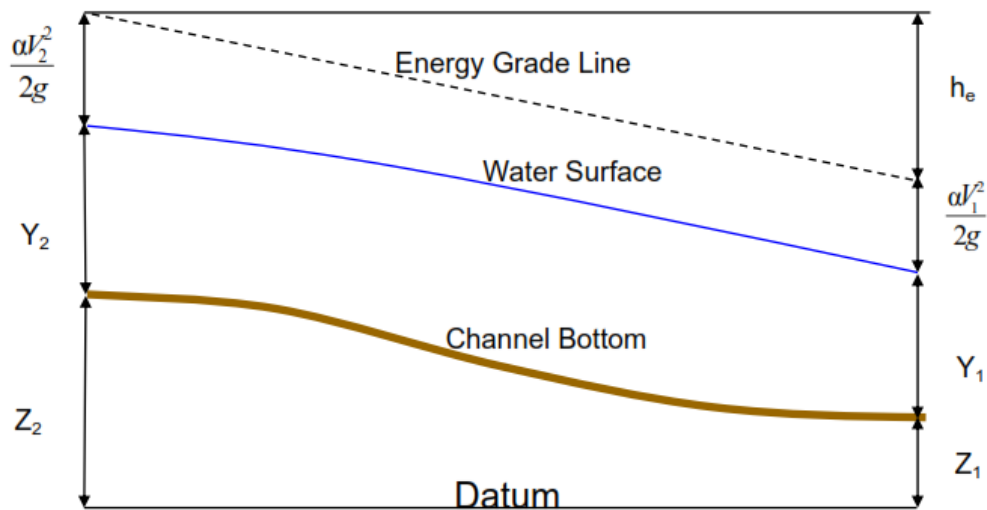


Figura 5 - Representación de los términos en la ecuación de energía.

Las pérdidas de energía entre dos secciones transversales pueden ser debido a la fricción, y/o contracción o expansión entre ambas secciones. La ecuación de pérdidas de energía es:

$$h_e = L * \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 * V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 * V_1^2}{2g} \right| \quad \text{Ec. 2.32}$$

Dónde:

- L : longitud ponderada.
 S_f : pendiente representativa de la línea de energía
 C : coeficiente de pérdidas por contracción y expansión.

L es la distancia ponderada y se calcula como:

$$L = \frac{L_{lob} * \bar{Q}_{lob} + L_{ch} * \bar{Q}_{ch} + L_{rob} * \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad \text{Ec. 2.33}$$

Donde

L_{lob} ; L_{ch} ; L_{rob} : longitudes entre dos secciones para el flujo en la planicie de inundación izquierda, canal principal, y planicie de inundación derecha, respectivamente.

\bar{Q}_{lob} ; \bar{Q}_{ch} ; \bar{Q}_{rob} : promedio aritmético de los caudales entre secciones para la planicie de inundación izquierda, canal principal, y planicie de inundación derecha, respectivamente.

2.5.2.1 SUBDIVISIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL Y CÁLCULO DE CONDUCTIVIDAD.

La determinación de la conductividad total y el coeficiente de velocidad para una sección transversal, requiere la subdivisión del flujo en diferentes unidades, en las cuales el flujo se distribuya uniformemente. HEC-RAS divide el flujo en planicies de inundación en los cambios del coeficiente de Manning (n) (**Figura 6**).

La conductividad es calculada dentro de cada subdivisión de la siguiente manera:

$$Q = K * S_f^{1/2} \quad \text{Ec. 2.34}$$

$$K = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} \quad \text{Ec. 2.35}$$

Dónde:

K : Conductividad.

- n : Coeficiente de rugosidad de manning.
 A : Área de flujo.
 R : Radio hidráulico (área / perímetro mojado).

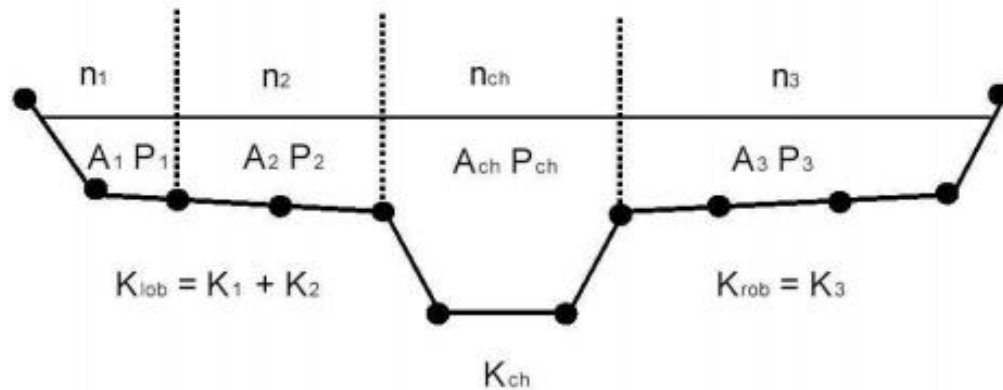


Figura 6 - Subdivisión utilizada por HEC-RAS para cada sección transversal.

2.5.2.2 EVALUACIÓN DE LA ALTURA MEDIA DE VELOCIDADES

Debido a que este modelo es unidimensional, para cada sección transversal deberá tener un valor único de elevación de la superficie del agua y altura de velocidad.

Para una determinada elevación de la superficie de agua, la energía media es obtenida por una ponderación según el flujo que atraviesa cada una de las tres sub-áreas de una sección transversal. La **Figura 7** muestra cómo se obtiene la energía media para una sección (sin planicie de inundación izquierda).

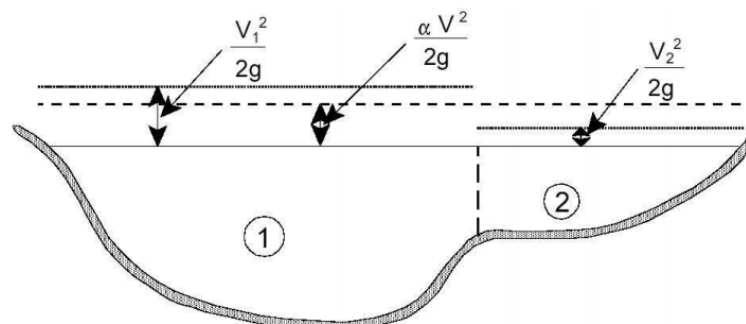


Figura 7 - Ejemplo de la obtención de la energía media.

Para poder calcular la energía cinética media primero se obtiene el coeficiente alfa de velocidad ponderado.

$$\frac{\alpha \bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \quad \text{Ec. 2.36}$$

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) * \bar{V}^2} \quad \text{Ec. 2.37}$$

En general

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2}{Q * \bar{V}^2} \quad \text{Ec. 2.38}$$

El coeficiente de velocidad α , se calcula basado en la conductividad en los tres elementos: ambas planicies de inundación (izquierda y derecha) y el canal principal. Esto también puede ser escrito en términos de conductividad y área.

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3} \quad \text{Ec. 2.39}$$

Dónde:

A_t : Área total de flujo de la sección.

A_{lob} ; A_{ch} ; A_{rob} : Áreas de flujo en la planicie de inundación izquierda, canal principal, y planicie de inundación derecha, respectivamente.

K_t : Conductividad total de la sección transversal.

K_{lob} ; K_{ch} ; K_{rob} : Conductividad de la planicie de inundación izquierda, canal principal, y planicie de inundación derecha, respectivamente.

2.5.2.3 EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

Las pérdidas por fricción son calculadas como el producto de S_f y L según la **ecuación 2.32**, donde S_f es la pendiente representativa de la línea de energía para un tramo de longitud L definida en la **ecuación 2.33**. La pendiente de la línea de energía para cada sección transversal es calculada por la fórmula de Manning de la siguiente manera:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad \text{Ec. 2.40}$$

2.5.2.4 EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS POR CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN.

Las pérdidas por contracción y expansión son calculadas como muestra la **ecuación 2.41**.

$$h_{ce} = C * \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad \text{Ec. 2.41}$$

Dónde:

C : Coeficiente de contracción o expansión.

El programa asume que una contracción está ocurriendo cuando la altura de velocidad aguas abajo es mayor que su correspondiente aguas arriba; y viceversa, cuando la altura de velocidad aguas arriba es mayor que aguas abajo, el programa asume que está ocurriendo una expansión.

2.5.2.5 MÉTODO DEL PASO ESTÁNDAR.

El procedimiento que sigue el programa HEC – RAS para obtener los perfiles hidráulicos es el siguiente:

Suponiendo régimen del flujo subcrítico.

1. Se supone un valor de la superficie del agua, en la sección aguas arriba.
2. En función del nivel del agua supuesto, se calcula la conductividad y la carga de velocidad.
3. Con los resultados del punto 2, se calcula la pendiente de fricción (S_f) y se resuelve la **ecuación 2.32**.
4. Con los valores de la carga de velocidad (calculados en el paso 2) y la pérdida de energía (calculada en el paso 3) se resuelve la **ecuación 2.31** para la superficie del agua en la sección aguas arriba.
5. Se comparan los valores de la superficie del agua asumido en el punto 1 y el obtenido al resolver la **ecuación 2.31** en el punto 4; el proceso iterativo se da, si la diferencia entre estos valores es mayor que la tolerancia (la tolerancia por defecto es de 0.003 m)

El criterio seguido para establecer el valor de la superficie del agua del punto 1 es el siguiente: Se inicia suponiendo que el nivel del agua en la sección aguas

arriba es igual al de la proyección de la superficie del agua de la sección aguas abajo, si la diferencia es mayor que la tolerancia, el nuevo valor en el punto 1 es igual al del proceso anterior, más el 70% del error del primer cálculo, si aun así, la diferencia obtenida es mayor a la tolerancia, el método numérico empleado para obtener el valor de la superficie del agua es la secante.

2.5.3 HIDRÁULICA DE PUENTES.

La función primordial de un puente es la de dar continuidad a la carretera, salvando, para ello, los obstáculos naturales o artificiales que se encuentren en su trazado. Hay que considerar que, en el caso de los cursos de agua, su equilibrio dinámico se ve afectado no sólo por la interacción del hombre con acciones directas sino también de manera indirecta por los cambios en el balance hidrológico de la cuenca de aportación, fundamentalmente debidos a la variación en los usos del suelo.

En el escenario de los puentes, el proceso de erosión es un aspecto relevante en cuanto al restablecimiento del equilibrio dinámico del cauce, puede ser un factor de vulnerabilidad para el puente, asociado fundamentalmente a fenómenos de socavación de sus cimentaciones.

Para estimar el riesgo de la interacción cauce-puente se hace necesario estimar objetivamente el riesgo potencial de colapso del puente, frente a una avenida extraordinaria, atendiendo a la hidráulica fluvial, basándose en parámetros geomorfológicos del cauce y en la propia hidráulica del puente.

2.5.3.1 TIPO DE FLUJO EN PUENTES.¹⁶

El flujo se reduce de un ancho B a un ancho b . La entrada y la salida de la reducción funcionan como una contracción y una expansión, respectivamente.

Varias secciones se estudian teóricamente a lo largo de la zona de influencia de un puente, tales como:

¹⁶ Capítulo 8. Manual de HEC-RAS. NELAME, 2012.

Sección 4-4: Sección aguas arriba hasta donde influye el remanso y posiblemente termina el flujo uniforme en el cauce de aproximación y comienza un flujo gradualmente variado, donde se inicia la contracción del flujo. Es la sección que representa la contracción del flujo; está situada a una distancia L_c .

Sección 3-3: Sección de ancho mínimo del flujo. El flujo se separa de las fronteras sólidas siendo la contracción del flujo mayor que el ancho de la abertura. Esta sección puede estar separada de la sección aguas arriba del puente de 1m.

Sección 2-2: Sección con menor profundidad de flujo, donde empieza ocurrir el retardo del flujo. Aguas abajo de esta sección se presentan remolinos de agua entre las fronteras sólidas del terraplén y las laderas.

Sección 1-1: Sección aguas abajo donde se inicia la expansión del flujo con un régimen gradualmente o rápidamente variado retardado y a partir de esta sección se restablecen las condiciones de flujo uniforme.

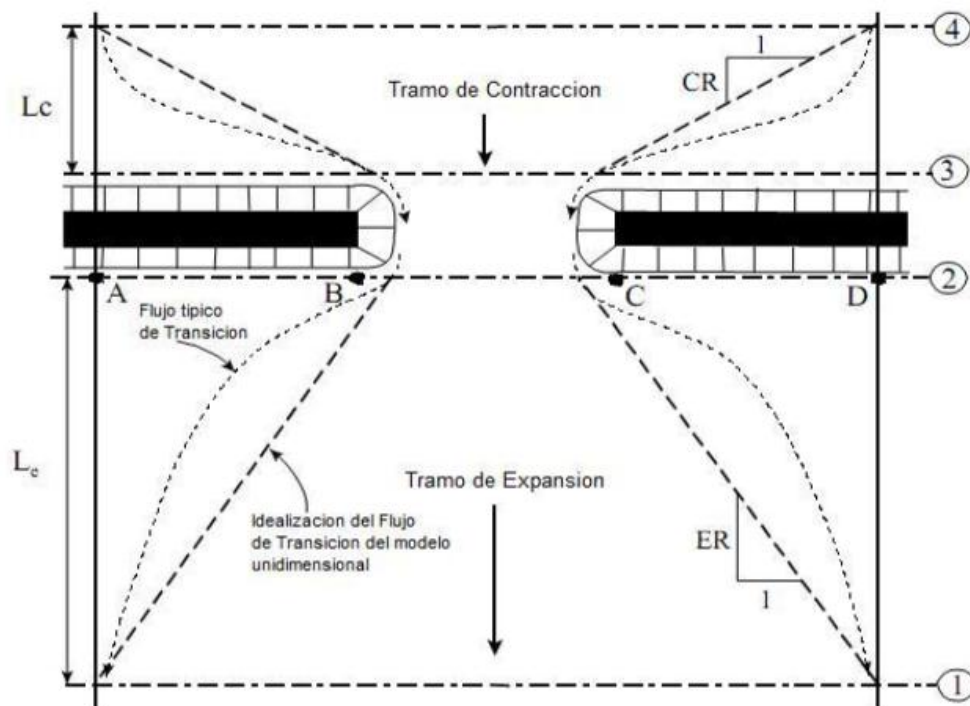


Figura 8 - Secciones transversales relativas a la ubicación del puente.

En general se presentan dos tipos de flujo¹⁷:

Flujo bajo: Se presenta este tipo cuando se tienen condiciones de flujo libre en la zona del puente.

Flujo alto: Esto sucede, cuando la elevación del nivel del agua, aguas arriba del puente es más alta que el punto más alto de la cuerda inferior del lado de aguas arriba de puente. Se considera que el puente está sometido a flujos alto cuando se presenta flujo bajo compuerta, a presión o en vertedero.

2.5.4 SOCAVACIÓN EN PUENTE.¹⁸

La socavación consiste en la disminución del nivel del lecho por la erosión del agua con una tendencia a exponer la fundación del puente.

Algunos de los métodos para calcular profundidades locales requieren que se calcule previamente la forma de socavación: en lecho móvil (vivo) o en agua clara. Para esto es necesario determinar si el flujo en el cauce principal o en las laderas aguas arriba del puente está transportando o no materiales para luego escoger la ecuación que resulte apropiada.

Socavación en lecho móvil: Se presenta cuando hay transporte de sedimentos desde el lecho aguas arriba hasta el sitio del ponteadero, quedando por lo tanto parte de este sedimento atrapado en el hueco de socavación.

Socavación en agua clara: Se presenta cuando no hay transporte de sedimentos desde el lecho aguas arriba, al sitio del ponteadero, por lo cual no hay reabastecimiento del hueco socavado.

Para determinar si el flujo aguas arriba está transportando materiales de lecho, se debe calcular la velocidad crítica para inicio de transporte de sedimentos V_c de la partícula D_{50} y compararla con la velocidad media de la corriente en el

¹⁷ Capítulo 7. Análisis hidráulico de puentes. NELAME, 2012.

¹⁸ Us Army Corps of Engineers. HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. Version 4.1. January 2010.

cauce principal o en las laderas o sobrecargas aguas arriba de la abertura del puente.

Agua Clara $V \leq V_c$

Lecho Móvil $V > V_c$

Para calcular la velocidad crítica Laursen (1963) propone:

$$V_c = K_u * Y_1^{1/6} * D_{50}^{1/3} \quad \text{Ec. 2.42}$$

Dónde:

V_c : Velocidad crítica por encima de la cual el material de lecho con tamaño D_{50} más pequeño es transportado (m/s).

Y_1 : Profundidad promedia del flujo (m).

D_{50} : Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor.

K_u : 6.19 para unidades métricas.

2.5.5 SOCAVACIÓN POR GENERAL POR CONTRACCIÓN.

La causa más común de socavación general es la contracción del flujo producida por la reducción de la sección del cauce por la construcción de terraplenes de acceso al puente y en menor grado por las pilas que bloquean parte de la sección recta.

a. Socavación por contracción en el lecho móvil.

HEC 18 recomienda usar la versión modificada de Laursen (1960) para la socavación el lecho móvil:

$$y_2 = y_1 \left[\frac{Q_2}{Q_1} \right]^{6/7} \left[\frac{W_1}{W_2} \right]^{k_1} \quad \text{Ec. 2.43}$$

$$y_s = y_2 - y_0 \quad \text{Ec. 2.44}$$

y_s : profundidad media de socavación por contracción (m).

y_2 : profundidad media del flujo en el cauce en la sección contraída del puente después de la socavación (m).

- y_1 : profundidad media del flujo en el cauce principal y laderas que transportan sedimentos aguas arriba del puente (m).
- y_0 : profundidad media del flujo en la sección contraída del puente antes de la socavación (m).
- Q_1 : caudal en la sección aguas arriba del cauce principal y laderas que transportan sedimentos (m^3/s).
- Q_2 : caudal en la sección contraída del puente y laderas que transportan sedimentos (m^3/s).
- W_1 : ancho del cauce principal y laderas en la sección aguas arriba que transportan sedimentos (m).
- W_2 : ancho neto del cauce principal y laderas que transportan sedimentos en la sección contraída sustrayendo el ancho de las pilas (m).

b. Socavación por contracción en agua clara.

Se usa la siguiente ecuación dada por Laursen (1963):

$$y_2 = \left[\frac{Q_2^2}{C * D_m^{\frac{2}{3}} * W_2^2} \right]^{\frac{3}{7}} \quad \text{Ec. 2.45}$$

$$y_s = y_2 - y_0$$

- Q_2 : caudal a través del puente o en las laderas sin transporte de sedimentos [m/s^3].
- D_m : diámetro medio efectivo del material más pequeño del lecho en el cauce ($1.25D_{50}$) o en la zona de inundación que no es transportado por el flujo (m).
- D_{50} : diámetro medio del material del lecho (m).
- C : 130 para unidades inglesas y 40 para unidades métricas.
- W_2 : ancho efectivo del cauce en el puente descontando el ancho de pilas (m).

2.5.6 SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS.

La socavación local en estribos depende de la interacción del flujo obstruido por el estribo y el flujo en el cauce principal. El caudal que retorna al cauce principal no es una función simple de la longitud de la estructura y es precisamente la longitud del estribo que se opone al paso del agua el parámetro más importante que interviene en el cálculo de la profundidad de socavación local.

El reporte HEC No. 18 recomienda dos ecuaciones para el cálculo de la socavación en los estribos. Cuando la longitud mojada del estribo en dirección perpendicular al flujo o longitud mojada de la terracería del camino (L) dividida entre la profundidad de flujo en esa misma zona es mayor que 25, se sugiere usar la ecuación de HIRE, cuando esta relación sea menor o igual que 25 se sugiere usar la ecuación de Froehlich.

2.5.6.1 MÉTODO DE HIRE.

La ecuación de HIRE se basa en los datos de campo de socavación en el extremo de las espuelas en el Río Mississippi.

$$y_s = 4y_1 \left(\frac{K_1}{0.55} \right) K_2 * Fr_1^{0.33} \quad \text{Ec. 2.46}$$

y_s : profundidad de socavación (m).

y_1 : profundidad del flujo al pie del estribo en la sobrebanca en el cauce principal, considerando la sección transversal inmediatamente aguas arriba del puente (m).

K_1 : coeficiente de corrección por la forma del estribo. (**Tabla 3**).

K_2 : coeficiente de corrección por el ángulo de ataque del flujo. $\theta = 90$ cuando el estribo es perpendicular al flujo (**Figura 9**).

$$K_2 = \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0.13} \quad \text{Ec. 2.47}$$

Fr_1 : número de Froude basado en la velocidad y profundidad al pie y justo aguas arriba del estribo.

Tabla 3 - Coeficiente de la forma del estribo.

Descripción	K_1
Estribo con pared vertical	1.00
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cauce	0.55

El factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo también puede calcularse con:

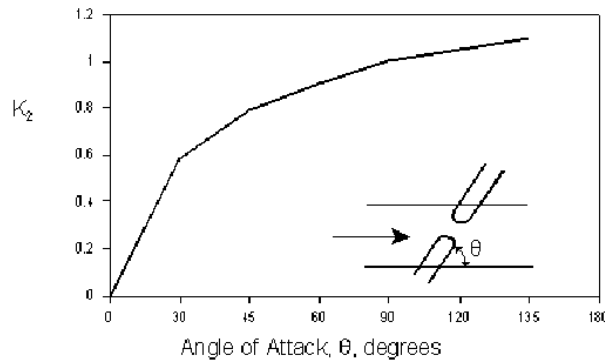


Figura 9 - Factor de corrección de la inclinación del estribo.

2.5.6.2 MÉTODO DE FROEHLICH.

La ecuación dada por Froehlich está basada en análisis dimensional y en análisis de regresión de datos de laboratorio para 170 mediciones de socavación en lecho móvil.

$$y_s = 2.27K_1K_2(L')^{0.43}y_a^{0.57}Fr_1^{0.61} + y_a \quad \text{Ec. 2.48}$$

y_s : profundidad de socavación (m).

y_1 : profundidad del flujo al pie del estribo en la sobrepunta en el cauce principal, considerando la sección transversal inmediatamente aguas arriba del puente (m).

K_1 : coeficiente de corrección por la forma del estribo. (**Tabla 3**).

K_2 : coeficiente de corrección por el ángulo de ataque del flujo. $\theta = 90$ cuando el estribo es perpendicular al flujo, $\theta < 90$ si el terraplén se orienta aguas abajo, y $\theta > 90$ si el terraplén se orienta aguas arriba. (**Figura 9**).

L' : Longitud del estribo (terraplén) proyectado perpendicular al flujo (m).

- y_a : Profundidad promedio del flujo en las llanuras de inundación en la sección de aproximación (m).
- Fr_1 : Número de Froude de las llanuras de inundación en la sección de aproximación.
- V_e : Velocidad promedio en el flujo de aproximación (m/s).
- Q_e : Flujo obstruido por el estribo y el terraplén en la sección de aproximación (m^3/s).
- A_e : Área de flujo de la sección de aproximación obstruido por el estribo y terraplén (m^2).

CAPITULO 3. METODOLOGIA.

3.1 PROCEDIMIENTO ARCGIS 10.1.

3.1.1 PASOS PREVIOS.

- Crear una carpeta donde se guardara todo los archivos que ArcGIS desarrolla para el proyecto.
- Preparar el formato DWG que contiene las curvas de nivel, verificando que cada curva posea su elevación correspondiente.
- Crear proyecto, Fijar ruta de guardar archivos en ArcGIS
- Elegir “A new empty map” y luego “ok”
- Guardar el proyecto (File > Save as)
- Activar la barra de ArcHydro Tools, Georeferencing, Editor y HEC-GeoHMS haciendo clic derecho sobre la barra de herramientas
- Georeferenciar el conjunto de layer (capas) dando clic derecho y seleccionando la opción Properties en la pestaña Coordinate System. Usar WGS_1984_UTM_Zona_16N que corresponde a la zona de Nicaragua.

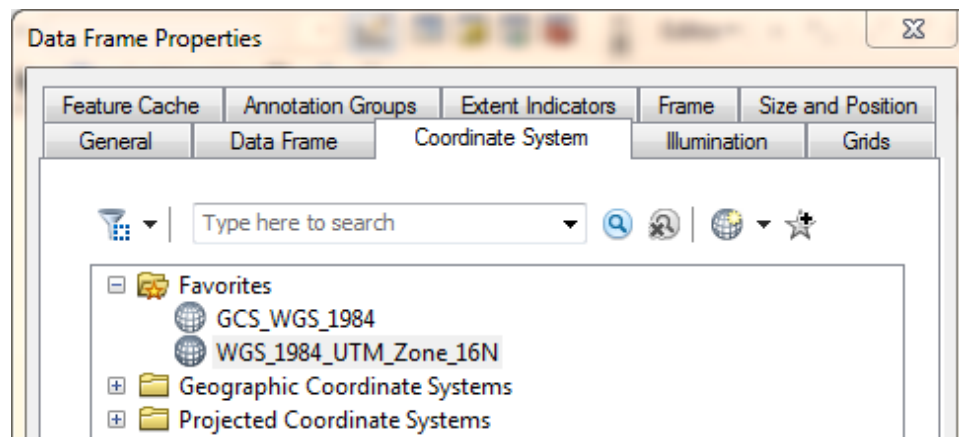


Figura 10 - Georeferencia del DEM.

3.1.2 CREACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO (DEM).

3.1.2.1 TRANSFORMAR FORMATO DE CURVAS DWG A SHAPE.

Para poder trabajar con las curvas de nivel y obtener un modelo digital del terreno, se requiere que dichas curvas estén en una extensión Shape, basta con hacer click derecho sobre la capa de curvas, seleccionar la opción “Data/Export

Data”, y en el campo “output feature class” elegir la ruta y el tipo de salida de datos (Shapefile).

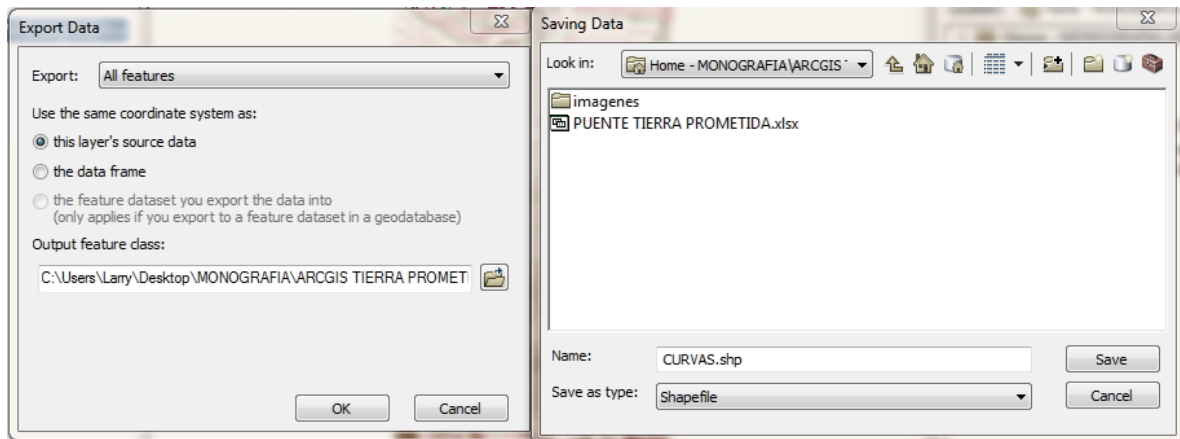


Figura 11 - Transformación del formato de curvas de nivel.

3.1.2.2 CREAR UN TIN CON 3D ANALYST.

Con la herramienta 3D Analyst, podemos crear un red irregular de triángulos (TIN) a partir de un Shape de curvas de nivel.

En **Output TIN** se selecciona la carpeta donde se guardara el archivo, y en **Input Feature Class** se introduce el archivo Shape con las curvas de nivel. Opcionalmente se puede indicar el sistema de coordenadas (Nicaragua WGS_1984_UTM_Zona_16N).

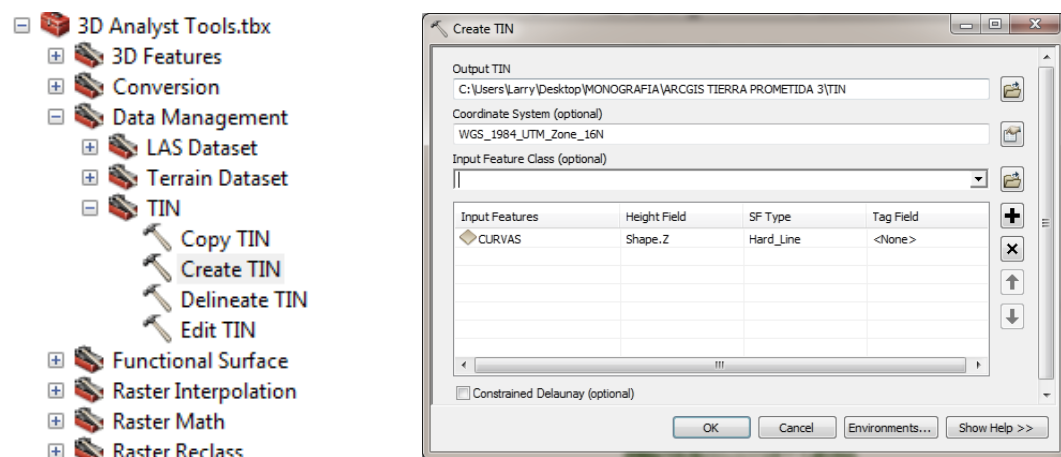


Figura 12 - Crear TIN.

3.1.2.3 TRANSFORMAR UN TIN A UN RASTER.¹⁹

Convierte una red irregular de triángulos (TIN) en un ráster mediante la interpolación. A cada celda en la salida se le asigna una elevación dependiendo de la ubicación del centro de la celda en la interpolación con el TIN.

El tipo de datos del ráster de salida se establece en **Output Data Type** y puede ser:

- FLOAT, que es la opción predeterminada, genera como salida valores de punto flotante de precisión simple, puede conservar alturas con decimales.
- INT, genera como salida valores largos con signo. Es útil cuando solo se permite la salida de número entero.

El Method determina la interpolación utilizada, puede ser:

- LINEAR: La interpolación lineal visualiza los triángulos del TIN como planos. A cada celda de salida se le asigna una altura cuando se determina en qué triángulo del espacio 2D cae y se evalúa la posición del centro de la celda en relación con el plano del triángulo.
- NATURAL_NEIGHBORS: Utiliza un esquema de ponderación basado en área sobre los nodos TIN más cercanos que se encuentran en todas las direcciones alrededor del centro de cada celda de salida.

Sampling Distance representa el tamaño de la celda de salida y se define de una de las dos siguientes maneras. La palabra clave OBSERVATIONS está seguida por un entero que indica la cantidad de columnas deseadas en la salida. Para proporcionar un tamaño de celda explícito, se utiliza la palabra CELLSIZE seguida por el tamaño deseado. Si el tamaño de la celda es menor se carga un archivo más preciso.

Se debe usar un tamaño de celdas proporcional a las dimensiones del TIN.

¹⁹ ArcGis Help 10.1: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//00q900000078000000>

Z Factor se utiliza para convertir las unidades z del ráster de salida. Las alturas de salida se multiplican por este valor. Esto se emplea cuando el TIN de entrada posee valores de x, y en un sistema de unidades distinto al de z (metros y pies).

3.1.3 ANÁLISIS DEL TERRENO.

3.1.3.1 REACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO²⁰.

Cuando se tiene un DEM de la zona de estudio y además un vectorizado de ríos es posible que los cauces no coincidan exactamente con las depresiones, por lo que se debe “Forzar” a que la depresión exista donde el fichero de ríos nos indica. Esto se logra con la herramienta de reacondicionamiento de DEM en el menú *ARC HYDRO TOOLS/TERRAIN PREPROCESSING/DEM MANIPULATION/DEM RECONDITIONING*, que permite bajar la cota de la celda donde debería de existir una depresión y disminuir gradualmente las celdas vecinas.

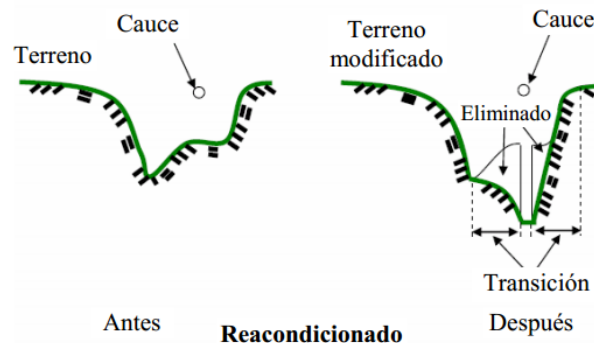


Figura 13 - Reacondicionamiento del DEM.

- Raw DEM: Representa el modelo de elevaciones que el usuario pretende modificar.
- AGREE Stream: Representa la línea del arroyo o cauce.
- Stream Buffer (number of Cells): Refleja el número de celdas en la línea central del cauce en la cual ocurrirá la depresión.
- Smooth Drop/raise (DEM Z-unit): Es la cantidad en metros a la cual la celda será rebajada, si el número es negativo, el programa elevará la

²⁰ Universidad de Granada Dpto. de Mec. de Estructura e Ingeniería Hidráulica, Manual Básico de HEC-HMS 3.0.0 y HEC-Geo HMS

superficie. Este valor se usa para crear una pendiente suavizada a los bordes del cauce.

- Sharp drop (DEM Z-unit): Es una cantidad adicional en unidades verticales, representa la caída fuerte que tendrá el DEM.

3.1.3.2 RELLENO DE SUMIDEROS Y CORTE DE PICOS.

Los sumideros se deben rellenar para garantizar la representación correcta de cuencas y arroyos.

La herramienta **Fill Snicks** (ARC HYDRO TOOLS/TERRAIN PREPROCESSING/DEM MANIPULATION/FILL SNICK), ubica y rellena sumideros, itera hasta que se rellenan todos los sumideros dentro del límite z especificado. A medida que se rellenan los sumideros, se pueden crear otros en los límites de las áreas rellenas, que se eliminarán en la siguiente iteración.

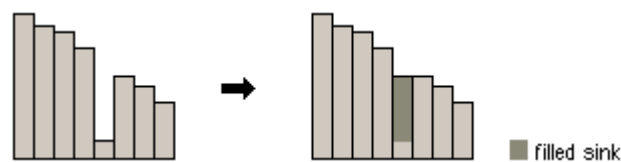


Figura 14 - Vista de perfil de un sumidero antes y después de ejecutar relleno.

La herramienta también se puede utilizar para remover picos, que son celdas espurias con una elevación mayor de la esperada según la tendencia de la superficie circundante.

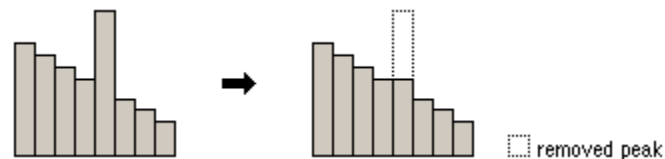


Figura 15 - Vista de perfil de un pico antes y después de ejecutar relleno.

3.1.3.3 DIRECCIÓN DE FLUJO²¹.

Una de las claves de la derivación de características hidrológicas de una superficie es la capacidad de determinar la dirección de flujo desde cada celda

²¹ ArcGis Help: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//009z00000063000000>

en el ráster. Esta herramienta toma una superficie como entrada y proporciona como salida un ráster que muestra la dirección del flujo que sale de cada celda. Existen ocho direcciones de salida válidas que se relacionan con las ocho celdas adyacentes hacia donde puede ir el flujo representadas por un número y un color (**Figura 16**).

La dirección de flujo está determinada por la dirección del descenso más empinado, o la caída máxima, desde cada celda (**ARC HYDRO TOOLS/TERRAIN PREPROCESSING/FLOW DIRECTION**)

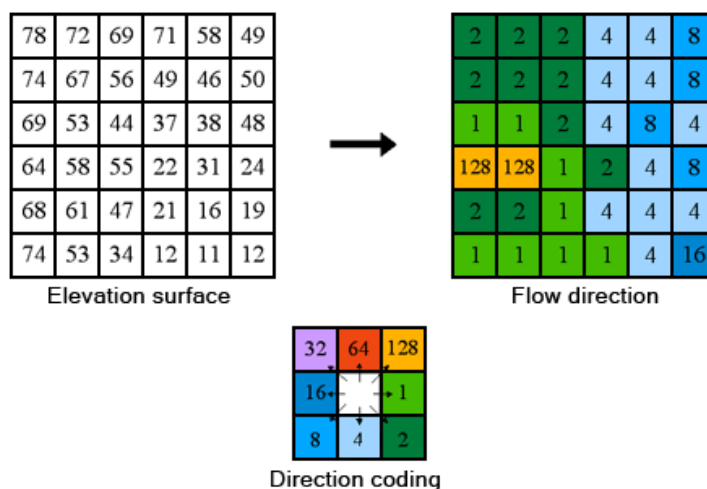


Figura 16 - Dirección de flujo por celda.

3.1.3.4 ACUMULACIÓN DE FLUJO²².

Calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el ráster de salida. En la **Figura 17**, la imagen superior izquierda muestra la dirección de viaje desde cada celda y la superior derecha el número de cuadrículas que fluyen hacia cada celda. (**ARC HYDRO TOOLS/TERRAIN PREPROCESSING/FLOW ACCUMULATION**).

²² ArcGis Help: [http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/009z0000000620000000/](http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/009z000000062000000/)

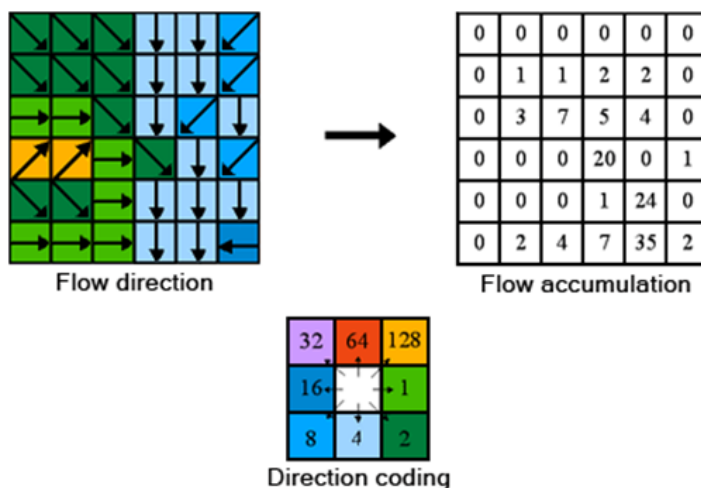


Figura 17 - Acumulación de flujo por celda.

3.1.3.5 DEFINICIÓN DE CANALES²³.

En esta fase se clasifican las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado por el usuario como celdas pertenecientes a la red de flujo. El umbral debe ser expreso como el número de celdas vertientes a la que se está clasificando en cada momento.

Se debe analizar qué valor sería el más indicado, ya que si el valor de acumulación es muy bajo muchos pixeles serán seleccionados como pertenecientes a la red hídrica, si el valor del pixel es muy alto solo aquellos drenajes de orden alto serían definidos como red hídrica. En otras palabras, seleccionar un valor bajo del umbral significa que obtendremos afluentes pequeños en nuestra red de drenajes, en cambio un valor alto, modela los drenajes de mayor tamaño.

Para crear una red de corriente a partir del ráster de acumulación de flujo, se procede de la siguiente forma.

En el barra de herramientas *ARC HYDRO TOOLS / TERRAIN PREPROCESSING / STREAM DEFINITION*. Se ingresa el archivo de

²³ <http://www.aguaysig.com/2011/03/delimitacion-de-cuencas-con-arcgis.html>

acumulación de flujo “Fac” e introducir el umbral que se considere conveniente, para esto se puede realizar varias iteraciones hasta encontrar la más adecuada.

3.1.3.6 DELINEACIÓN DE REJILLA DE CUENCA.

Con la opción *Catchment Grid Delineation* determinamos el área de contribución sobre un conjunto de celdas de un ráster. Esta opción se encuentra en el menú *ARC HYDRO TOOLS/TERRAIN PREPROCESSING / CATCHMENT GRID DELINEATION*.

3.1.3.7 PROCESAMIENTO DE POLÍGONOS DE CUENCA.

Esta herramienta se usa para transformar las cuencas “Raster” a polígonos de cuenca. Podemos encontrar esta opción en el menú *ARC HYDRO TOOLS / TERRAIN PREPROCESSING / CATCHMENT POLYGON PROCESSING*.

3.1.3.8 PROCESAMIENTO DE LA LÍNEA DE DRENAJE.

La herramienta *Drainage Line Processing* convierte los ráster de cauces a polilíneas. Para acceder a ella se ingresa en el menú *ARC HYDRO TOOLS / TERRAIN PREPROCESSING / DRAINAGE LINE PROCESSING*.

3.1.3.9 PROCESAMIENTO DE CUENCAS ADJUNTAS²⁴.

Esta función genera la cuenca agregada, acumulada o adjunta aguas arriba de cada cauce. Para ejecutar esta función seleccionamos *ARC HYDRO TOOLS / TERRAIN PREPROCESSING / ADJOINT CATCHMENT PROCESSING*.

Ingresamos las líneas de drenaje, "DrainageLine" y la cuenca “Catchment”, el resultado se guarda con un nombre predeterminado "AdjointCatchment".

²⁴ http://www.aguaysig.com/2012/04/archydro-cuenca-adjunta-y-puntos-de_18.html

3.1.4 INICIAR NUEVO PROYECTO EN HECGEOHMS.

- En el menú HMS project setup/ start new project se genera una ventana en la que se aceptan los valores por defecto.
Se despliega la ventana “Define a new project” e indicamos el nombre y una breve descripción del proyecto; finalmente en el campo target especificamos la ruta de ubicación del proyecto.
- Se introducen las coordenadas UTM del puente importando un archivo de Excel que contenga los datos necesarios; para esto utilizamos la herramienta Add xy Data.
- Se indica el punto de salida de la cuenca con el comando Add Project points ↴ los valores de la ventana emergente se dejan por defecto.
- Se selecciona HMS project setup / Generate project y dejamos los valores por defecto; tras finalizar este paso se crea el nuevo proyecto.

3.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA²⁵.

HEC-GeoHMS calcula varias características topográficas de los cauces y las cuencas que son útiles para compararlas entre sí y estimar parámetros hidrológicos.

Las características físicas de la cuenca y los cauces se almacenan en tablas de atributos, las cuales pueden ser exportadas para ser usadas en hojas de cálculo y otros programas. *(Todas estas opciones se encuentran en la pestaña Characteristics de la barra de herramientas de HecGeoHMS)*

3.1.5.1 LONGITUD DEL CAUCE.

Con la opción *River Length* se calcula la longitud del río para tramos de ruta seleccionado o todos los enrutamientos en la capa de río.

²⁵ Us Army Corps of Engineers. HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension. User's Manual, Version 10.1, February 2013.

3.1.5.2 PENDIENTE DEL CAUCE.

River Slope extrae la elevación de aguas arriba y aguas abajo de un tramo de río para su cálculo. La elevación y la pendiente ascendente y descendente son añadidas a la tabla de atributos de la capa de río.

3.1.5.3 PENDIENTE DE LA CUENCA.

La función *Basin Slope* calcula la pendiente media de la cuenca; siendo una ponderación que depende de la configuración topográfica del terreno y el área de la cuenca. Esta está determinada por con un promedio de los valores de una cuadrícula de pendiente para cada subcuenca.

3.1.5.4 CAMINO DE FLUJO MÁS LARGO.

La herramienta *Longest Flow Path* calcula una serie de características físicas: la mayor longitud de flujo, la elevación de aguas arriba, aguas abajo de elevación y pendiente entre los extremos en cada subcuenca.

3.1.5.5 CENTROIDE DE LA CUENCA.

La herramienta de *Basin Centroid* identificará el centro de gravedad de cada subcuenca. Cuatro métodos pueden ser utilizados para definir el centroide, cada uno usando un algoritmo diferente y por lo tanto proporcionan un resultado diferente.

Estos métodos son:

1. **Centro de gravedad:** calcula el centroide como el centro de gravedad de la subcuenca.
2. **Camino de flujo:** dibuja el camino del flujo más largo de la cuenca y asume que el centroide coincide con el punto medio de ese camino.
3. **Cincuenta por ciento del área:** calcula el centroide como el punto que tiene una superficie de contribución igual al 50% del área de la subcuenca.
4. **Especificado por el usuario:** si los métodos anteriores no son satisfactorios, el usuario puede mover el centroide a cualquier punto dentro de la subcuenca.

3.1.5.6 ELEVACIÓN DEL CENTROIDE.

La operación *Centroid Elevation* calcula la elevación de cada centroide utilizando el DEM. Las elevaciones son almacenadas en la tabla de la capa del centroide.

3.1.5.7 TRAYECTORIA DEL FLUJO HASTA EL CENTROIDE.

Centroidal flow path calcula el camino de flujo desde el centroide; proyectándolo en la ruta más larga del flujo en cada subcuenca.

3.1.6 ENLAZAR ARC-GIS CON HEC HMS.

1. HMS > Map to HMS units (este paso convierte las características físicas de los tramos y subcuencas de unidades del mapa a unidades de HMS. La unidad del mapa es la de los datos de ArcGis, generalmente los datos del terreno están dados en metros. El usuario tiene la opción de convertir las unidades del mapa al sistema inglés o al Sistema Internacional – SI).

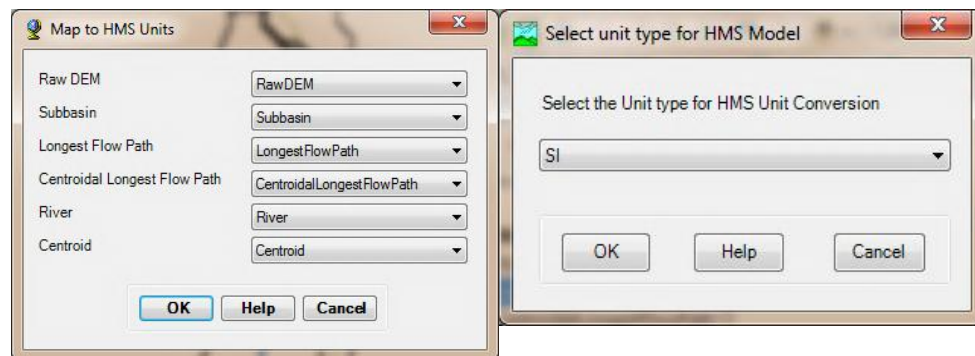


Figura 18 - Conversión de las unidades del mapa.

2. HMS > Check data: De esta forma se verifica que los datos estén correctos.
3. HMS > HMS Schematic: Es la representación de SIG del modelo hidrológico de la cuenca, con sus elementos y conectividades, este crea dos shape de puntos y línea que contienen las ubicaciones de los iconos de las subcuencas (centroide de la subcuenca), salidas y uniones de cauces.
4. HMS > Toggle legend > HMS Legend: De esta forma se determinan los símbolos para describir los elementos hidrológicos.

5. HMS > Add coordinates: Agrega coordenadas geográficas a los elementos en las tablas de atributos de HSMpoint y HSMConnect.
6. HMS > Prepare data for model export: Prepara los datos para exportar el modelo.
7. HMS > Background shape file: Crea un archivo de mapa de fondo captura con la información de los límites de las subcuencas y cauces a un fichero de texto ASCII que puede ser leído por HMS.
8. HMS > Basin model file.

3.2 ANÁLISIS HIDROLOGICO CON HEC-HMS.

3.2.1 HEC HMS²⁶.

Es un sistema desarrollado por centro de ingeniería hidrológica de los Estados Unidos para simular el proceso de precipitación escurrimiento en cuencas. Está diseñado para ser aplicado en un amplio rango de regiones geográficas para solucionar un rango general de problemas. Puede ser utilizado en pequeñas cuencas urbanas, o en grandes cuencas sin intervención, los resultados se pueden aplicar para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, observación de flujo, impacto de intervenciones en cuencas, reducción del daño por inundaciones, operación de sistemas, etc.

3.2.2 SELECCIÓN DEL PERÍODO DE RETORNO.²⁷

Un enfoque tradicional para el establecimiento de una frecuencia para diseño de una instalación de drenaje es por uso de tablas de referencia en la cual se establecen los rangos específicos. En el **Anexo B** se presentan los rangos recomendados para proyectos de drenaje de carreteras que relaciona los niveles de protección mínimos de acuerdo a la Clasificación Funcional establecida por el MTI.

²⁶ Manual para el uso del modelo hidrológico HEC-HMS.

²⁷ Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Menor. Ministerio de Transporte e Infraestructura. Corea y Asociados S.A. (CORASCO).

3.2.3 CREAR NUEVO PROYECTO EN HEC-HMS.

Para crear un nuevo proyecto se selecciona **File New** en la barra de menú, se introduce un nombre para el proyecto, una descripción y el directorio donde será guardado.

3.2.4 IMPORTAR EL MODELO DE CUENCA.

Se importa el modelo de cuenca existente desde ArcMap; se agrega desde **File/ Import Basin model**.

3.2.5 ESPECIFICAR LOS PARÁMETROS DE CÁLCULO.

- a. En el menú Parameters/ Loss/ SCS Curve Number se especifica los números de curva correspondientes a cada subcuenca.
- b. En el menú Parameters/ Transform/ SCS Unit Hydrograph se introducen los lag time respectivos a cada subcuenca.
- c. En el menú Parameters/ Routing/ Muskingum se digitan los datos: tiempo de retardo (K) y factor de forma de la cuña (X); que en el caso de las cuencas de Nicaragua se encuentra en el rango 0.1-0.3. En Number of Subreaches se deja por defecto el valor 1 que indica que existe un sub-tramo único.

3.2.6 ADMINISTRADOR DE DATOS DE SERIES DE TIEMPO.

El modelo de control contiene toda la información de temporización, incluyendo las fechas de inicio y culminación de los datos de lluvia y caudal para la simulación y los intervalos de tiempo para realizar los cálculos.

En el menú **Components / Time-Series Data Manager** en Data Type se selecciona Precipitation Gages; y se introduce las series de tiempo pertinentes y los intervalos respectivos.

3.2.7 CREAR MODELO METEOROLÓGICO.

El principal propósito es preparar las condiciones de contorno para cada subcuenca; se edita en el menú **Components / Meteorologic Model Manager**

3.2.8 CONTROL DE ESPECIFICACIONES.

Las especificaciones de control definen el tiempo de inicio y fin de la simulación, así como el intervalo de tiempo (time interval) con que se realizarán los cálculos.

El tiempo final de la simulación debe permitir que el caudal generado por la precipitación sea drenado en su totalidad del área de cuenca, por lo cual estimamos un rango de tiempo en el que se cumpla este parámetro.

Las especificaciones de control son agregadas al proyecto seleccionando **Components / Control Specifications Manager** desde la barra de menú. Hacer clic en la opción New e introducir un nombre y una descripción para el control.

3.2.9 CREAR Y CALCULAR UNA CORRIDA DE SIMULACIÓN.

Una corrida de simulación se crea en el menú **Compute / Run Manager / New**. Se introduce el nombre, modelo de cuenca, modelo meteorológico y especificaciones de control correspondientes a los datos de las simulaciones deseadas.

3.3 ANÁLISIS HIDRAULICO CON HEC-RAS.

3.3.1 MODELACION HIDRAULICA DEL CAUCE.²⁸

HEC-RAS facilita el cálculo de perfiles de agua y de los parámetros hidráulicos del cauce. El programa permite desarrollar estudios de flujo unidimensional permanente y variado, con regímenes subcrítico, supercrítico y/o crítico en tramos de cauces con pendientes menores del 10%, también hace cálculo de profundidades de socavación. Entre otras aplicaciones de hidráulica, ayuda a modelar una variedad de puentes con diferentes formas de pilas y estribos; a calcular parámetros hidráulicos tales como: niveles de agua, velocidades y áreas mojadas para diferentes caudales en el sitio de cierre, en flujos bajos y altos. De acuerdo al caudal de escorrentía estimado para el diseño, se puede determinar la estructura del puente más eficiente en cuanto a capacidad hidráulica.

²⁸ Capítulo 8. Manual de HEC-RAS. NELAME, 2012.

Para el análisis hidráulico de un cauce con alcantarilla o puente se deberá tener lo siguiente consideraciones:

- Levantamiento de las secciones transversales, aguas arriba como aguas abajo.
- Determinar el coeficiente de rugosidad del cauce.
- Especificar los períodos de retorno en que se desea analizar el comportamiento del cauce para un flujo permanente subcrítico, supercrítico o ambos.
- Definir el estacionamiento donde se ubicará la alcantarilla o puente.

3.3.2 COMPONENTE DE DATOS GEOMÉTRICOS.

Los datos geométricos consisten en establecer una conectividad del sistema de ríos (esquema del sistema de ríos); datos de la sección transversal, la longitud del tramo, los coeficientes de energía de pérdidas (pérdidas por fricción, como por contracción y expansión) y la información de las conexiones de flujo en los tramos del cauce; datos de la estructura de hidráulica (puentes, alcantarillas, caídas hidráulicas, presas, etc.) que estén localizados a lo largo del cauce.

3.3.3 SISTEMA ESQUEMÁTICO DEL CAUCE.

El sistema esquemático del cauce es requerido para cualquier conjunto de datos geométricos en HEC-RAS, se desarrolla en un dibujo del cauce y sus tributarios. Es necesario crear en la ventana de *Geometric Data* el esquema del cauce, para definir el extremo aguas arriba como aguas abajo, y se introducen los datos geométricos de las secciones que conforman el cauce.

La conectividad de los tramos es muy importante en el orden para que el modelo comprenda el sistema de drenaje. El dibujo debe ser de aguas arribas hacia aguas abajo, dando la dirección del cauce. La conexión de los tramos se hace a través de una unión, esta solamente establece un punto localizado, donde uno o más cauces convergen o se dividen.

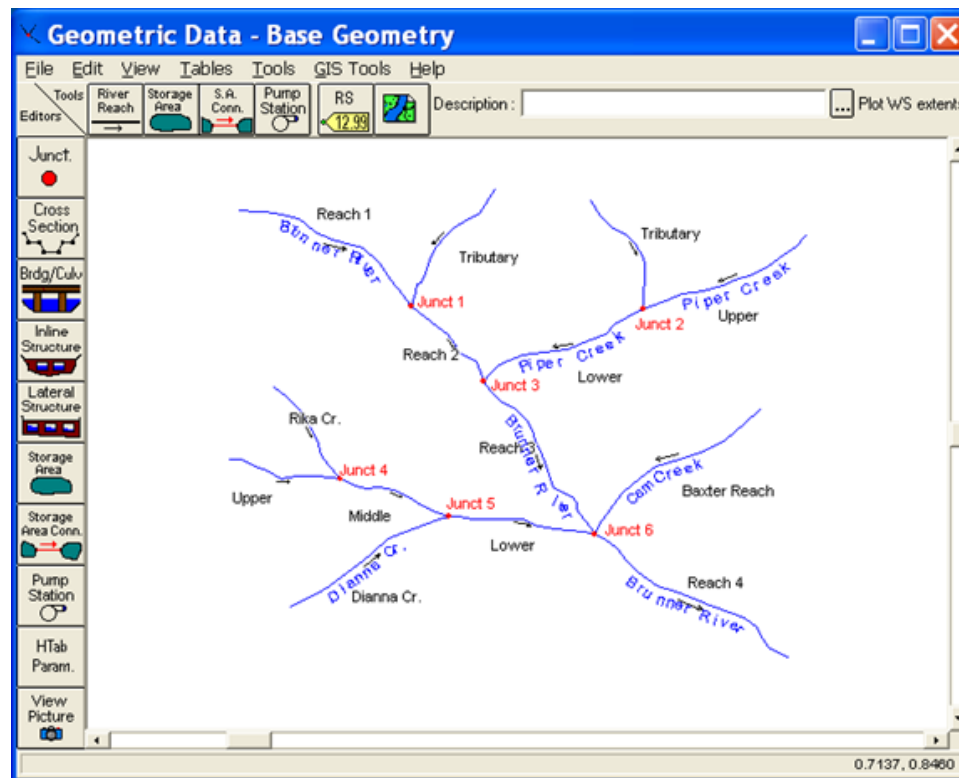


Figura 19 - Sistema esquemático de río.

HEC-RAS reconoce los datos geométricos de los tramos que fundamentalmente son diversas secciones transversales a lo largo del cauce considerado. Dichas secciones transversales se introducen mediante la cota del terreno de varios puntos; de este modo, mediante la cota de dos secciones continuas, separadas por una distancia conocida, el modelo calcula la pendiente del tramo.

El sistema numérico para cada sección debe ser consistente, el software asume que los valores altos, son los correspondientes a secciones aguas arriba y los números más bajos son los de secciones aguas abajo, como se ve en la **Figura 20**.

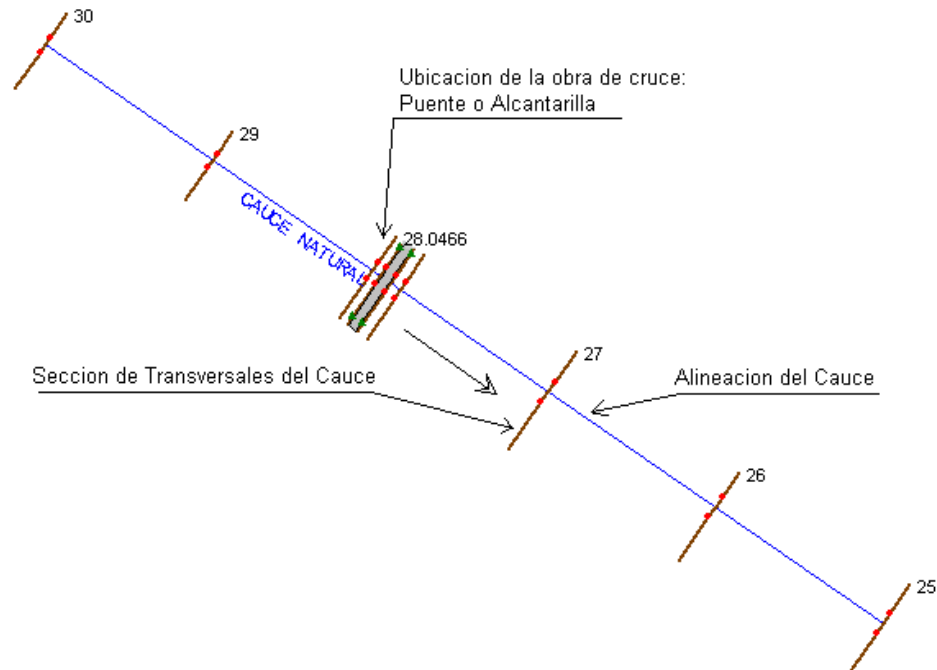


Figura 20 - Esquema del cauce con ubicación de la obra de cruce.

3.3.4 SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE.

Las condiciones geométricas para el análisis de flujo en corrientes naturales se especifican en términos de la superficie del terreno de la sección transversal y la distancia entre ellas. Las secciones transversales se localizan en intervalos largos en dependencia de la caracterización de la corriente (perfiles de flujo), tomando en cuenta el flujo central del cauce y las planicies de inundación.

La sección transversal es descrita al introducir la estación y la elevación como pares ordenados (x, y) de izquierda a derecha formando una columna de datos. En la primera columna, se introduce la distancia desde el margen izquierdo y en la segunda columna, la cota del terreno de fondo del cauce en ese punto.

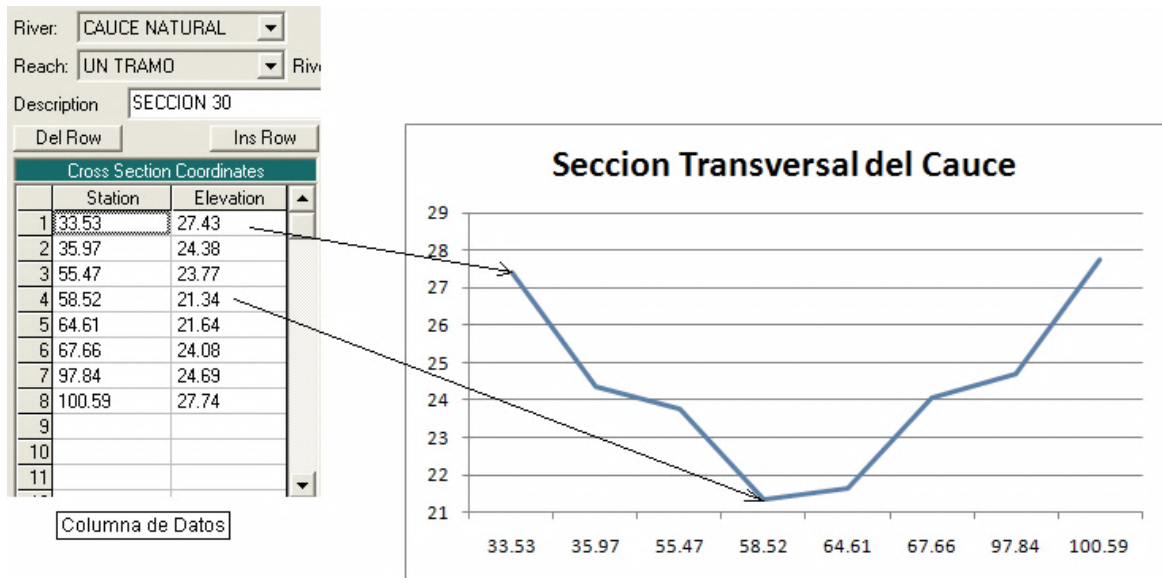


Figura 21 - Secciones transversales del cauce.

Se consideran las condiciones hidráulicas de cada sección, por ejemplo: las distancias entre bancas, tanto izquierda como derecha y la distancia a lo largo del centro del cauce con respecto a la sección aguas abajo inmediata, así como los valores del coeficiente de Manning en los márgenes y al centro del cauce, para esta valoración se utilizará el Método de Cowan (**Anexo G**).

También se necesita conocer los puntos donde inicia la planicie de inundación, los cuales acotan el canal principal, (**Figura 22**).

La sección es una presentación localizada a través de la corriente del tramo, donde puede ocurrir un cambio en la descarga, pendiente, forma de la sección o rugosidad del cauce, en localidades que se ubican diques, puentes o estructuras de control como vertederos.

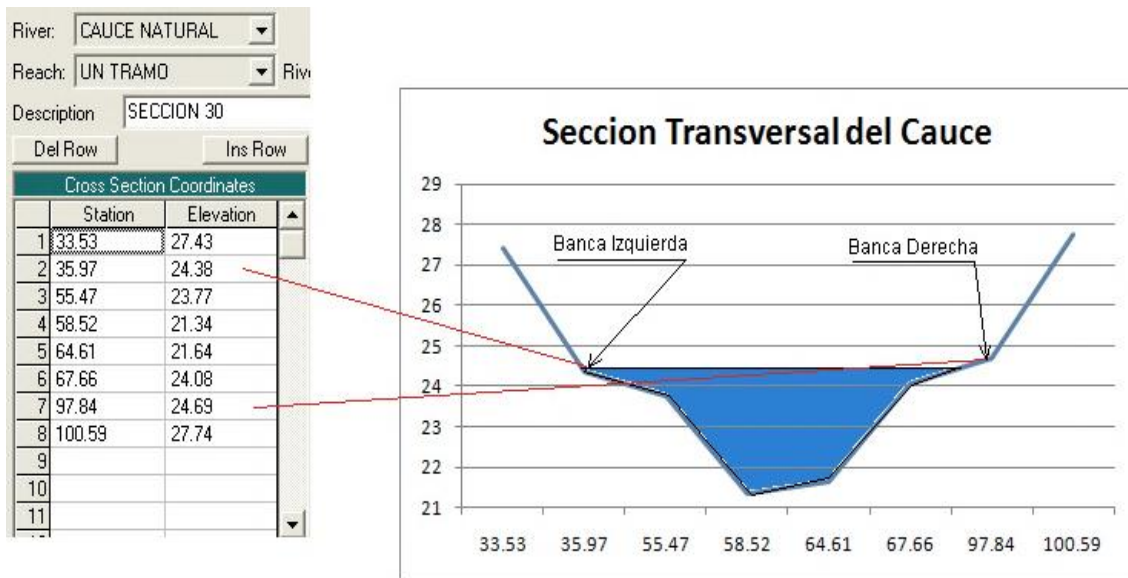


Figura 22 - Definición de las bancas de inundación.

3.3.5 SECCIONES TRANSVERSALES CON FLUJO INEFECTIVO.

Esta definición permite determinar áreas de la sección transversal con cotas más bajas que las bancas del cauce que no contribuyen efectivamente a transportar el agua, es decir, zonas de la sección donde el agua se estanca.

Esto ocurre donde la elevación de la banca es mayor que el nivel del agua en el cauce adyacente o poza. Esta condición es usada cuando la superficie del agua está por debajo de las elevaciones inefectivas que se establecen; las áreas fuera de los márgenes de bancas son consideradas como inefectivas, (**Figura. 23**).

Para evitar un error en la altura de la superficie del agua, se selecciona y aplica la corrección a las secciones que presentan estas características, sino HEC RAS asume que en esta porción de sección existe transporte de agua.

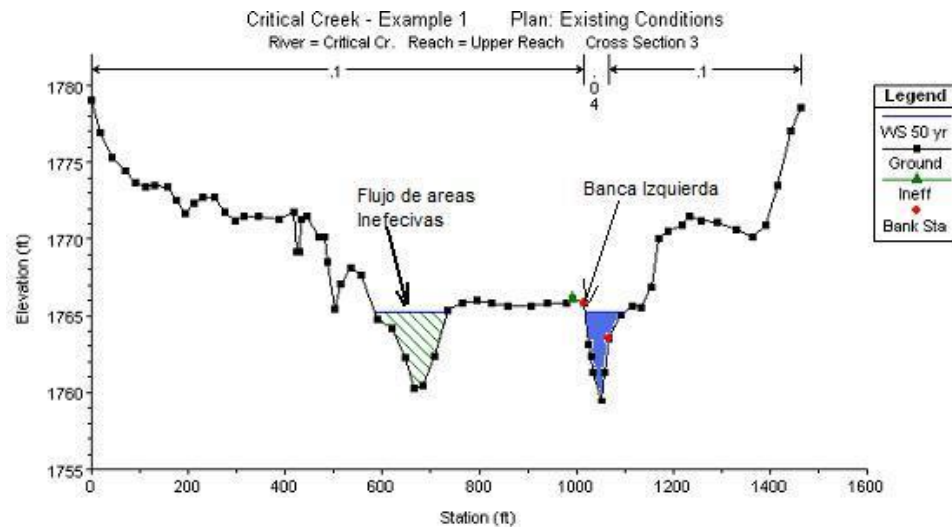


Figura 23 - Ejemplo de áreas inefectivas de flujo.

Como se observa en la **figura 23** a la par de la banca izquierda se encuentra un punto alto el cual limita al flujo que lo desborde como área inefectiva.

3.3.6 COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN.

HEC-RAS utiliza los coeficientes de contracción y expansión para determinar las pérdidas de energía entre las secciones continuas debido a su cambio de geometría, esto se aplica más cuando se tiene secciones irregulares del cauce.

Se asume que la contracción ocurre cuando la carga de velocidad aguas abajo es grande con respecto a aguas arriba, por lo contrario asume una expansión.

Cuando el cambio de sección en cauce es pequeño y el flujo es subcrítico, los coeficientes de contracción y de expansión pueden andar en el orden de 0.1 y 0.3 respectivamente; cuando el cambio es abrupto como el caso de los puentes, los coeficientes de contracción y de expansión rondan los valores de 0.3 y 0.5

Los valores típicos para los coeficientes de contracción y expansión para flujo subcrítico, son mostrados en la **Tabla 4**.

Tabla 4 - Coeficiente de contracción y expansión en flujo subcrítico.

	Contracción.	Expansión.
No hay pérdidas en transición	0.0	0.0
Transición gradual	0.1	0.3
Secciones típicas en puente	0.3	0.5
Transiciones abruptas	0.6	0.8

El máximo valor para los coeficientes de contracción y expansión es igual a la unidad. En general, los coeficientes empíricos de contracción y expansión pueden ser bajos en un flujo supercrítico, debido a su carga de velocidad que es muy grande.

3.3.7 MODELACIÓN DE HIDRÁULICA DE PUENTE CON HEC-RAS.

La función primordial de un puente es la de dar continuidad a la carretera, salvando, para ello, los obstáculos naturales o artificiales que se encuentren en su trazado, esta obviedad cobra especial relevancia si el obstáculo a salvar es un cauce fluvial. Hay que considerar que, en el caso de los cursos de agua, su equilibrio dinámico se ve afectado tanto por la interacción del hombre con acciones directas, construcción de presas, extracción de áridos, invasión del cauce, etc; así como también de manera indirecta por los cambios en el balance hidrológico de la cuenca de aportación, fundamentalmente debidos a la variación en los usos del suelo.

En el escenario de los puentes, el proceso de erosión es un aspecto relevante en el restablecimiento del equilibrio dinámico del cauce, puede ser un factor de vulnerabilidad para el puente, asociado fundamentalmente a fenómenos de socavación de sus cimentaciones. La ubicación de un puente es una modificación que perturba el equilibrio del río. Cuando las pilas y los estribos son ubicados en el cauce causan alteraciones locales del flujo y estrechamientos del ancho del río. El problema más común encontrado en la falla de puentes es la degradación general del lecho y la socavación de cimentaciones, pilares y estribos.

3.3.7.1 EMPLAZAMIENTO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES RELATIVAS A LA UBICACIÓN DEL PUENTE.

La construcción de un puente implica en ocasiones que se invada parte del cauce con el consecuente estrechamiento de su sección transversal produciéndose cambios en la velocidad del flujo y en la pendiente hidráulica de la corriente en se construye. El estrechamiento produce pérdidas de energía que se traduce en un sobre-elevación de la superficie del agua hacia aguas arriba de la contracción. La sobre-elevación se llama altura de remanso y debe tenerse en cuenta para calcular tanto la longitud como el claro vertical del puente.

El remanso puede provocar inundaciones aguas arribas del puente con consecuencias negativas. En el sitio de estrechamiento se produce un aumento de energía cinética del flujo que ocasiona socavaciones a veces excesivas en los apoyos del puente. Por lo tanto, el caso más desfavorable desde el punto de vista de la socavación en un puente resulta cuando se calcula el remanso considerando lecho fijo, caso en el que la altura del remanso será máxima y el poder erosivo es mayor.

Varias secciones se estudian teóricamente a lo largo de la zona de influencia de un puente (**Figura 8**).

Primera sección transversal (1-1).

Esta sección es localizada suficientemente aguas abajo de la estructura, tal que no afecte el régimen de flujo, (o sea que el flujo está totalmente expandido).

Longitud de Expansión (L_e).

Es la distancia entre el extremo de aguas abajo del puente y la primera sección transversal (1-1), se denomina longitud de expansión, se puede calcular en forma práctica, como 3 veces la longitud de la obstrucción que provoca la estructura.

La longitud de expansión es generalmente determinada en el campo de experimentación durante flujos altos, dependerá del grado, de la forma de

expansión, la magnitud y velocidad del flujo. Esta longitud L_e , puede ser determinada como el producto de la razón de expansión (RE) y la longitud promedio de obstrucción lateral del puente (L_{obs}).

$$L_e = RE * L_{obs} \quad \text{Ec. 3.1}$$

RE : razón de expansión.

L_{obs} : longitud promedio de obstrucción lateral del puente

La longitud promedio de obstrucción lateral del puente, según la **Figura 8**, está definida como la mitad de la reducción total en la planicie de inundación, causada por la proyección de los dos terraplenes del puente:

$$L_{obs} = \frac{\overline{AB} - \overline{CD}}{2} \quad \text{Ec. 3.2}$$

La **Tabla 5**, recomienda rangos de razón de expansión que pueden ser usados para diferentes pendientes, y relaciones entre coeficientes de rugosidades en la banca y el canal principal.

Tabla 5 - Rangos de coeficientes de razón de expansión.

	nob/nc= 1		nob/nc= 2		nob/nc= 4	
S=1 ft/mile	1.4	3.6	1.30	3.00	1.2	2.1
5 ft/mile	1.0	2.5	2.50	2.00	0.8	2.0
10 ft/mile	1.0	2.2	2.20	2.00	0.8	2.0
S=1 ft/mile	1.6	3.0	1.40	2.50	1.2	2.0
5 ft/mile	1.5	2.5	1.30	2.00	1.3	2.0
10 ft/mile	1.5	2.0	1.30	2.00	1.3	2.0
S=1 ft/mile	1.4	2.6	1.30	1.90	1.2	1.4
5 ft/mile	1.3	2.1	1.20	1.60	1.0	1.4
10 ft/mile	1.3	2.0	1.20	1.50	1.0	1.4

n_{ob} : valor de Manning para la planicie de inundación.

n_c : valor de Manning para el canal principal.

- b : ancho de la apertura del puente (m).
 B : ancho total de la zona de inundación (m).
 S : pendiente (pie/milla).

Segunda sección transversal (2-2).

Es localizada muy cerca aguas abajo al pie del terraplén del puente para analizar las pérdidas de energía a través de este. Esta sección transversal deberá representar en el terreno natural (canal principal y la planicie de inundación) justamente aguas abajo del puente.

Esta sección no podrá ubicarse inmediatamente aguas abajo del tablero del puente, algunos ingenieros incorrectamente localizan a esta sección a 30 cm aguas abajo del tablero del puente, se recomienda una distancia agua abajo de un metro del tablero del puente. Si el puente carece de terraplenes, puede ser localizada suficientemente lejos aguas abajo del tablero del puente que permita una distancia suficiente para la expansión del flujo debido a las pilas, o un flujo a compresión desde el puente.

Tercera sección transversal (3-3).

Esta sección transversal puede ser localizada a pocos metros aguas arriba del puente (comúnmente aguas arriba al pie del terraplén del puente), y deberá reflejar la longitud requerida para la aceleración abrupta y contracción del flujo, que ocurre en el área inmediata de la abertura del puente. Esta sección transversal debe¹ representar el terreno natural o el área del canal y de la planicie de inundación justamente aguas arriba del terraplén del puente.

No podrá localizarse inmediatamente aguas arriba del tablero del puente, se recomienda una distancia agua abajo de un metro del tablero del puente. Entre las secciones (2-2) y (3-3) surgen las pérdidas por contracción que ocurre justamente aguas arriba de la estructura del puente (pérdidas de entrada), esta distancia puede variar con la abertura del claro del puente.

Cuarta sección transversal (4-4).

Es una sección donde las líneas de flujo son aproximadamente paralelas y es totalmente efectiva. En general, el flujo de contracción ocurre cercano a una distancia menor del flujo de expansión.

Longitud de contracción (Lc).

Es la distancia entre el extremo de aguas arriba del puente y la primera sección transversal (4-4), se denomina longitud de contracción, se puede calcular en forma práctica, como 1 vez la longitud de la obstrucción que provoca la estructura causada por sus estribos.

La longitud de contracción es generalmente determinada en el campo de experimentación durante flujos altos, dependerá mucho del grado, de la forma de contracción, la magnitud y velocidad del flujo. Tradicionalmente, esta longitud Lc, puede ser determinada como el producto de la razón de contracción (RC) y la longitud promedio de obstrucción lateral del puente (L_{obs}).

$$L_e = RC * L_{obs} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Dónde:

RC : Razón de contracción.

En la **Tabla 6**, recomienda rangos de razón de contracción que pueden ser usados para diferentes pendientes, relaciones entre coeficientes de rugosidades en la banca y el canal principal.

Tabla 6 - Rango de coeficientes de razón de contracción.

	nob/nc=1		nob/nc=2		nob/nc=4	
S=1 ft/mile	1.0	2.3	0.80	1.70	0.7	1.3
5 ft/mile	1.0	1.9	0.80	1.50	0.7	1.2
10 ft/mile	1.0	1.9	0.80	1.40	0.7	1.2

Longitudes entre las secciones relativas del puente.

Longitud entre la sección (2-2) y la sección (1-1).

La longitud sería:

$$L_{2-1} = L_e - 1 \quad \text{Ec. 3.4}$$

Entre las secciones 2 y 1, el flujo es gradualmente o rápidamente variado retardado.

Longitud entre la sección (3-3) y la sección (2-2).

La longitud sería:

$$L_{3-2} = 1 + L_{\text{ancho de calzada}} + 1 \quad \text{Ec. 3.5}$$

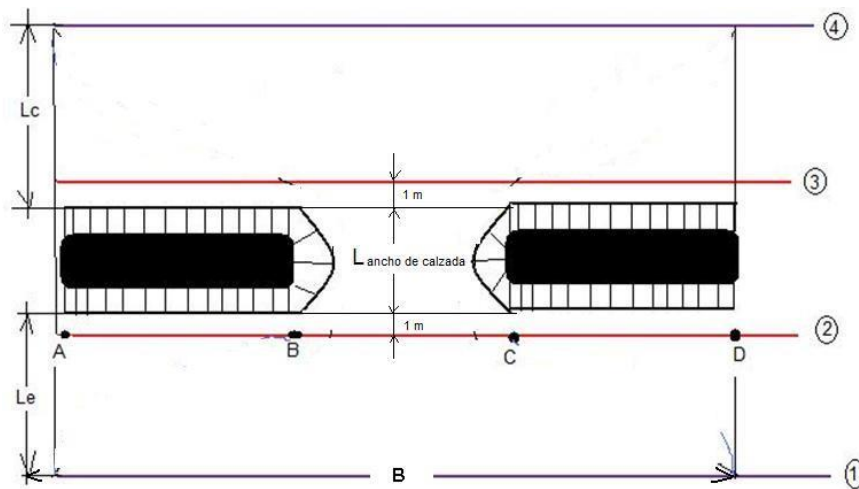


Figura 24 - Distancia entre secciones transversales relativas a la ubicación del puente.

Longitud entre la sección (4-4) y la sección (3-3).

La longitud entre dichas secciones es calculada como:

$$L_{4-3} = L_c - 1 \quad \text{Ec. 3.6}$$

Entre las secciones 4 y 3, el flujo varía de gradualmente variado a rápidamente variado acelerado.

Para obtener las secciones (1-1), (2-2), (3-3) y (4-4) se puede realizar un levantamiento, o en su defecto realizar interpolaciones.

3.3.7.2 ÁREAS DE FLUJO INEFECTIVO EN LA UBICACIÓN DEL PUENTE.

El flujo inefectivo se usa para definir un área de la sección transversal en que el agua se acumula, pero no está siendo efectivamente transportada (**Figura 25**). En el puente las áreas inefectivas normalmente ocurren aguas arriba y aguas abajo del dique de la vía, fuera de la apertura del puente.

En las secciones (2-2) y (3-3) deberán tener áreas de flujo inefectivo en cualquiera de los lados de la apertura del puente durante flujos bajos y a presión. En HEC RAS, solo en estas secciones se presenta áreas inefectivas del flujo. Por lo tanto, las áreas inefectivas izquierda y derecha se consideran que empiecen a 1 m a la izquierda y derecha de la apertura del puente, tanto aguas abajo como aguas arriba.

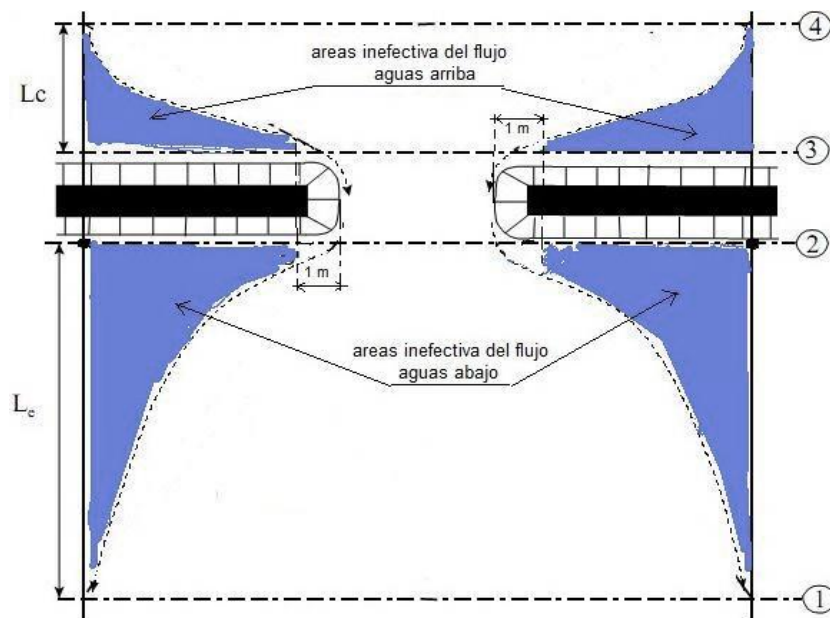


Figura 25 - Áreas inefectivas del flujo en las secciones del puente.

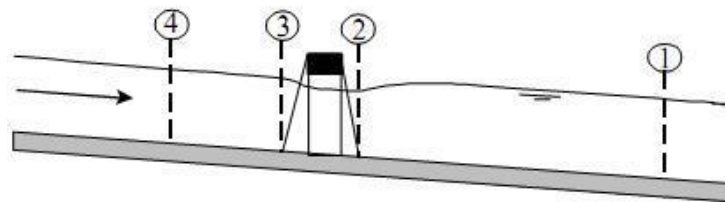


Figura 26 - Ubicación de las secciones del puente en perfil.

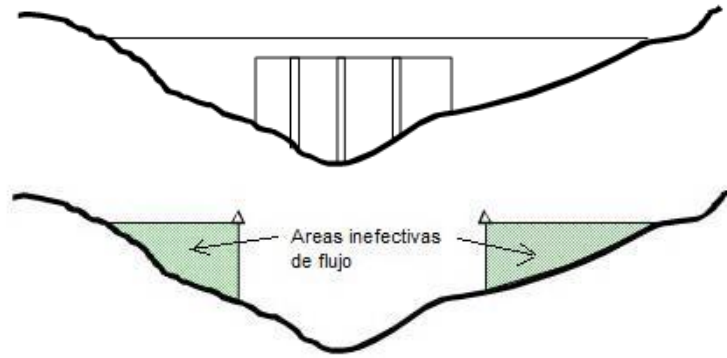


Figura 27 - Porción de las secciones inefectivas (2-2) y (3-3).

3.3.7.3 DATOS GEOMETRICOS DEL PUENTE.

- **ESTACION DONDE SE UBICARÁ EL PUENTE.**

El puente se ubicará entre las estaciones de las secciones (3-3) y (2-2), la cual se puede elegir una estación intermedia entre estas secciones.

- **TABLERO DEL PUENTE Y GEOMETRIA DE LA VIA (DECK /ROADWAY).**

El tablero del puente estará a una distancia de 1 m aguas abajo inmediatamente de la sección (3-3) y el ancho del tablero será el ancho de la calzada de la vía. En el caso que el tablero funcionara hidráulicamente como un vertedero (caso de flujo alto), el coeficiente de descarga del vertedero será de 1.44.

Los datos de geometría de la vía (Deck/Roadway), se ingresaran la estación, elevaciones superiores (high chord) e inferiores (low chord) del tablero a través de columnas, en los extremos aguas arriba y aguas abajo; determinando así el área entre la cuerda superior e inferior de la estructura del puente.

El estacionamiento del lado aguas arriba del tablero está basado en la sección (3-3). De la misma manera, el estacionamiento del lado aguas abajo del tablero, está basado en la sección (2-2).

Si las elevaciones de las cuerdas inferiores coinciden con la elevación del terreno base, estas se dejan en blanco. HEC RAS asume directamente que

dichas elevaciones (en blanco) adoptan los valores del terreno y que el terraplén va desde la cuerda superior hasta el terreno base (**Figura 28**).

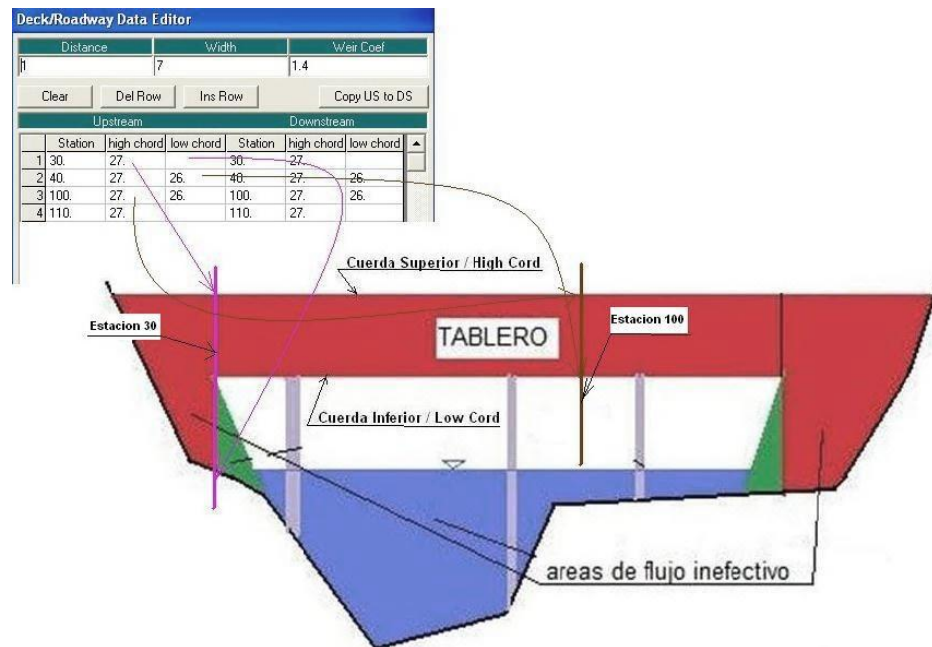


Figura 28 - Ilustración geométrica del tablero del puente.

• GEOMETRIA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE.

Las estaciones aguas arriba y aguas abajo, se establecen por la geometría de las secciones transversales localizadas inmediatamente aguas arriba de la sección (3-3) e inmediatamente aguas abajo de la sección (2-2) del puente.

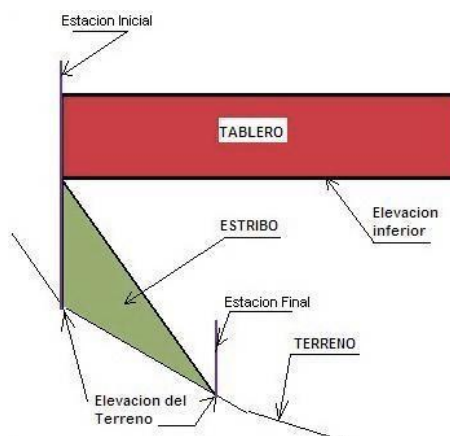


Figura 29 - Estaciones de ubicación del estribo de puente.

La primera estación (abscisa) del primer estribo (estación inicial), tendrá una elevación correspondiente a la parte inferior del tablero del puente. La segunda estación del primer estribo (estación final) puede tener una elevación más baja del nivel del terreno, el exceso será removido por HEC RAS.

3.3.8 DATOS HIDRAULICOS PARA FLUJO PERMANENTE.

HEC RAS necesita información de los caudales que corresponda a los perfiles de flujo a calcular y las condiciones de contorno en cada tramo.

3.3.8.1 PERFILES DE FLUJO EN FUNCIÓN DE CAUDALES.

Se simulan los perfiles de flujo correspondientes a caudales hidrológicos con diferentes períodos de retorno, de aguas arriba hacia aguas abajo.

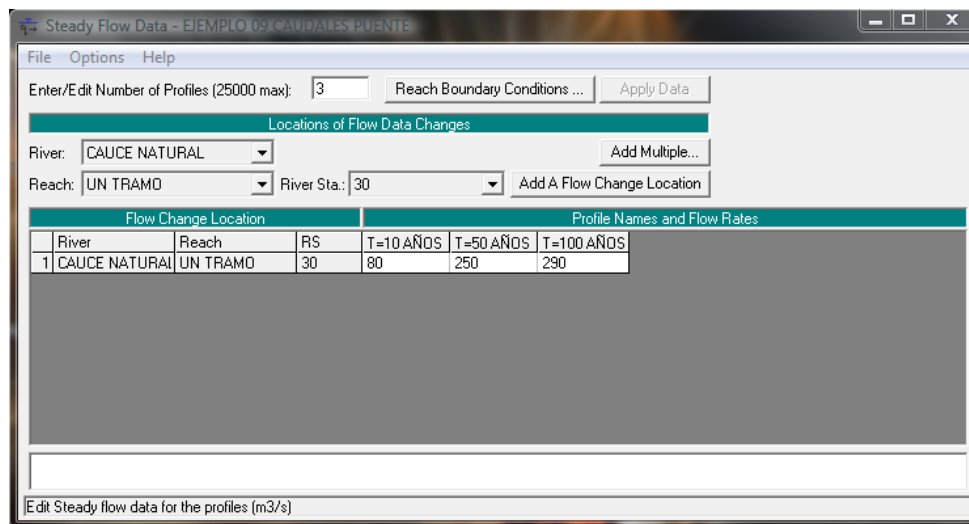


Figura 30 - Editor de perfiles de flujo.

3.3.8.2 CONDICIONES DE CONTORNO EN PERFILES DE FLUJO.

La información sobre las condiciones de contorno que ocurrirá en un perfil de flujo, se establece en cada tramo, para indicar el nivel del agua inicial en ambos extremos del tramo del cauce.

En un régimen subcrítico (pendiente pequeña), las condiciones de contorno solo necesita en el extremo de aguas abajo del tramo inferior del cauce natural; en régimen supercrítico (pendiente considerable), solo es necesario en el extremo

de aguas arriba, y si se va a calcular en un régimen mixto, se necesita en ambos extremos del tramo. Las condiciones de contorno que se admiten son:

A. Nivel de agua conocido (KNOWN W.S.).

Es adecuado si se conoce un nivel de agua en alguna sección transversal, o sea la profundidad de flujo más la cota más baja de la sección (caso de una presa reguladora de avenida)

B. Profundidad crítico (CRÍTICAL DEPTH).

Es conveniente si existe sección de control (caso de un vertedero). HEC RAS calcula la profundidad crítica para cada uno de los perfiles y la utiliza como condición de contorno.

C. Profundidad normal (NORMA DEPTH).

Es apropiado para situaciones donde el flujo se aproxime al flujo uniforme. Hay que introducir la pendiente del tramo de influencia, en decimales.

D. Curva de caudal (RATING CURVE).

Es apto si existe alguna sección de control con relación entre el tirante y el caudal (caso de un embalse de una presa).

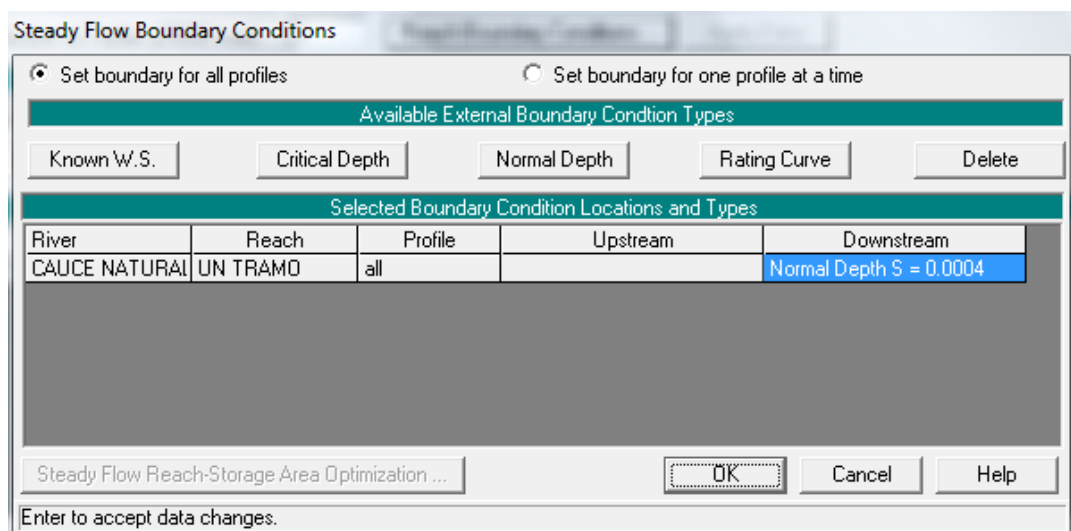


Figura 31 - Editor de condiciones de contorno.

3.3.9 PLAN Y EJECUCIÓN DEL MODELO PARA FLUJO UNIFORME.

Para la realización de la simulación hidráulica del cauce, es necesario crear un plan lo que corresponde a un conjunto de condiciones elegidas para ejecutar los cálculos, como son la geometría (secciones del cauce y geometría del puente), datos hidráulicos (caudales) y tipo de régimen.

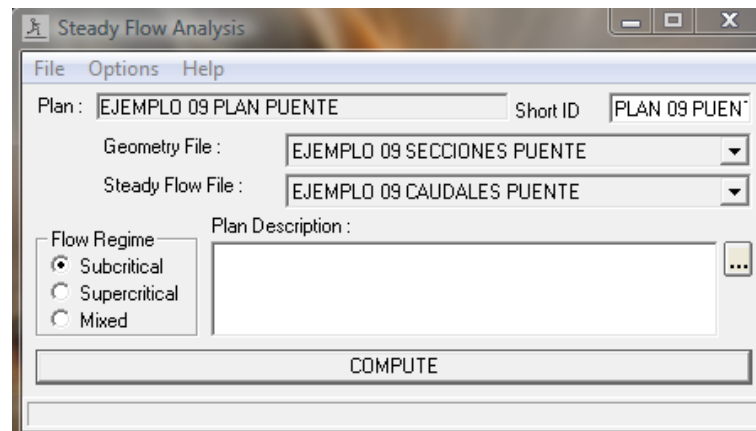


Figura 32 - Plan de análisis de Flujo Permanente.

De acuerdo con las condiciones de contorno especificadas, se definirá el tipo de régimen. Para ejecutar la simulación, se hace clic en el botón compute y si no aparecen mensajes de error, ya se está en la disposición de ver los resultados.

CAPITULO 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS.

4.1 UBICACIÓN DEL PUNTO DE ESTUDIO.

El punto de estudio está ubicado en el límite del Barrio Tierra Prometida sector este y Colonia Independencia en el Distrito III de la Ciudad de Managua. Las coordenadas UTM del sitio son: E 576,086.87, N 1,340,288.37; en el sistema WGS 84. Este es el punto que constituye el puente vehicular Tierra Prometida y es donde se ubica el cierre de la cuenca del presente estudio.



Figura 33 - Mapa de Macrolocalización.



Figura 34 - Mapa de Microlocalización.

4.2 DETERMINACIÓN DE LA CUENCA CON ARCGIS.

4.2.1 CREACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO.

El modelo digital del terreno es creado a partir de las curvas de nivel en extensión shape, en el proceso se transforma a formato TIN (red irregular de triángulo), y posteriormente a RASTER, con tamaño de celda de 2 debido a que la cuenca es pequeña.

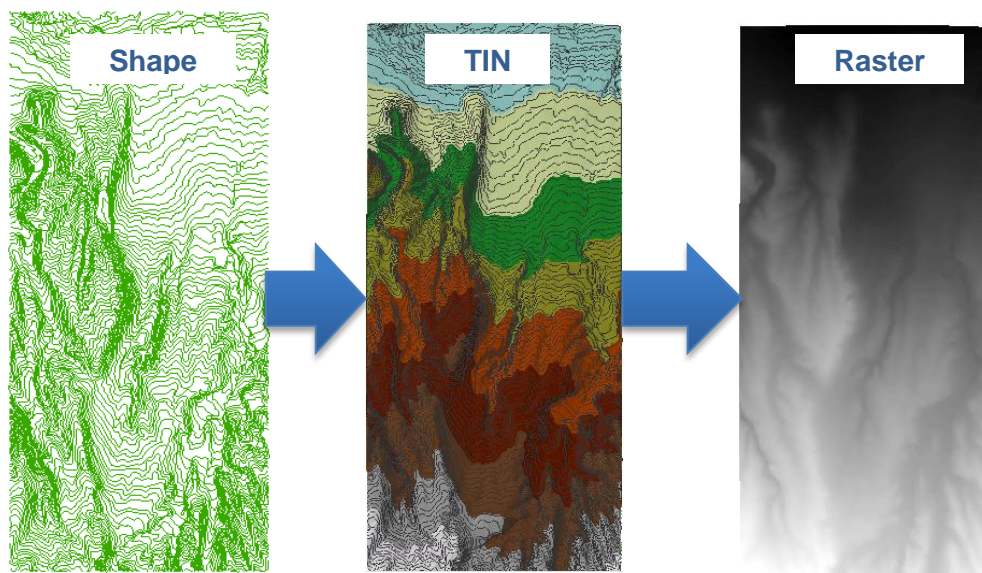


Figura 35 -Transformación de curvas de nivel a DEM.

Se reacondiciona el DEM de manera que se sobreponga con la distribución de los cauces, y se llenan los sumideros con la herramienta **Fill Sinks**.

4.2.2 ANÁLISIS DE FLUJO.

4.2.2.1 DIRECCIÓN DE FLUJO.

Con el DEM refinado se analiza el flujo, para ello se hace uso de las herramientas de dirección de flujo FLOW DIRECTION (**Figura 37**).

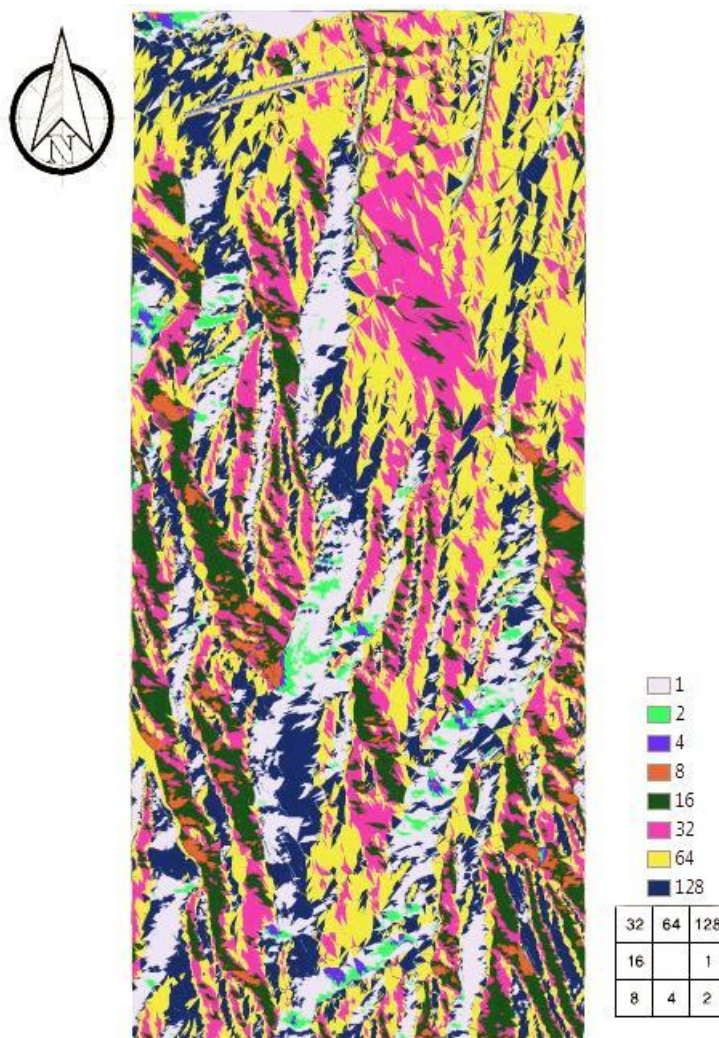


Figura 36 - Mapa de dirección de flujo.

Nótese que el flujo se desplaza en mayor medida hacia la dirección norte.

4.2.2.2 ACUMULACIÓN DE FLUJO.

La capa de “Flow Accumulation” es la que permite visualizar la distribución de la red de drenaje. Las celdas que tienen los mayores valores de acumulación definen dicha red.

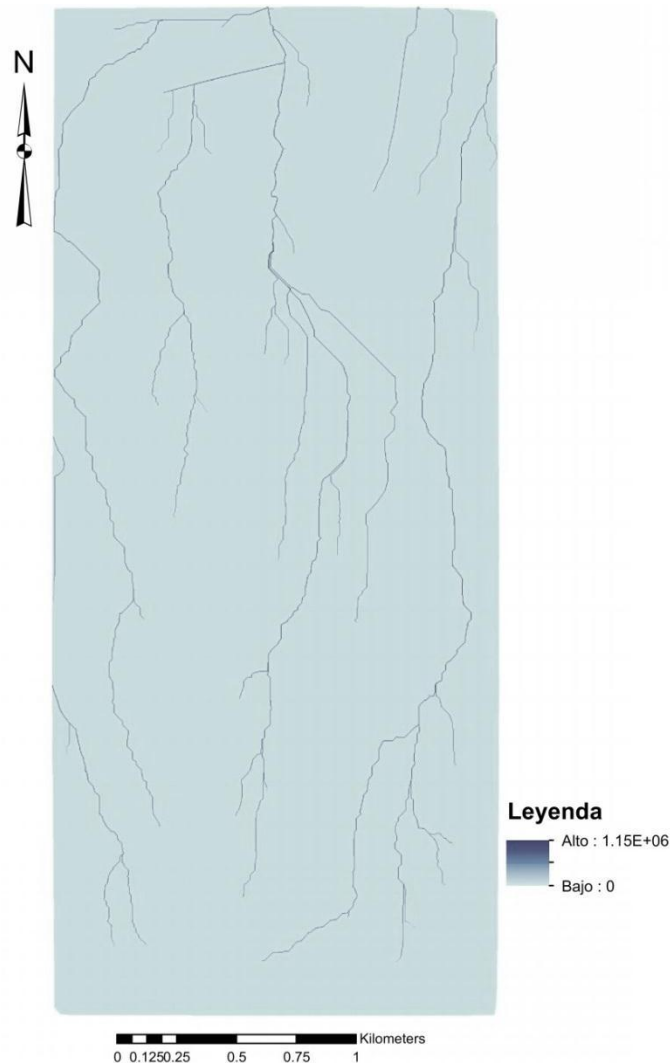


Figura 37 - Mapa de acumulación de flujo.

El análisis refleja en un tono azul las celdas con un mayor valor de confluencia de flujo, que forman una red por donde discurre el agua.

4.2.3 DELIMITACION DE LA CUENCA TIERRA PROMETIDA.

Una vez realizado el análisis del terreno y flujo se delimita la cuenca del puente Tierra Prometida (**Figura 38**).

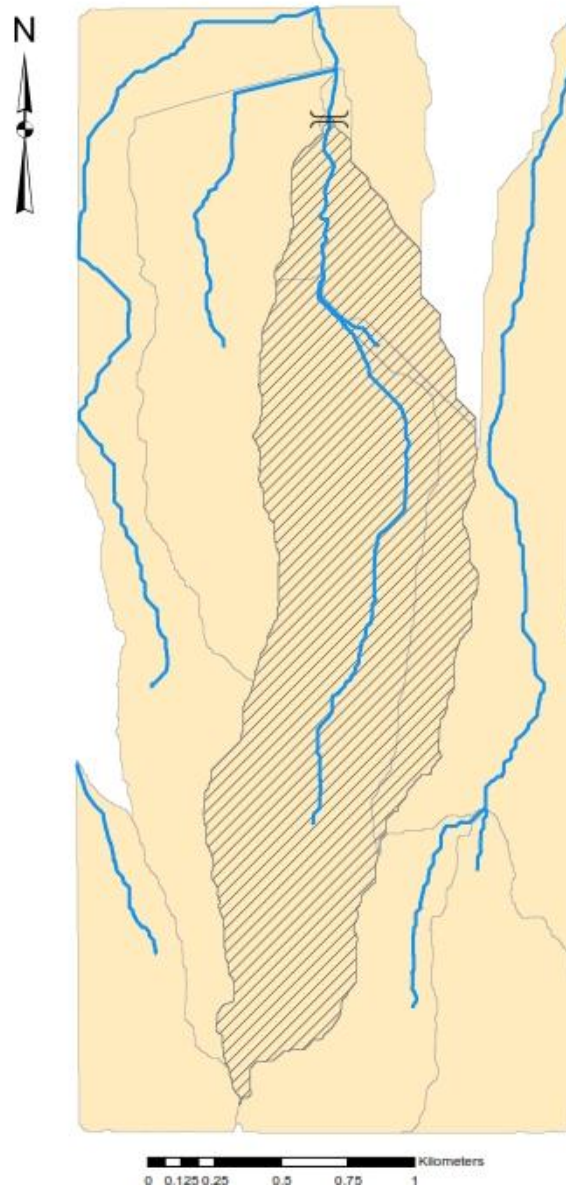


Figura 38 - Delimitación de la cuenca del puente Tierra Prometida.

Esta cuenca se subdivide en 3 subcuencas, para cada ramal del cauce y se determinan sus propiedades geométricas, como el área, perímetro, pendiente media de la cuenca así como longitud, y pendiente del cauce; se establece la longitud de flujo más larga, el centroide de la cuenca, la distancia sobre la longitud más larga al centroide (**Figura 39**).

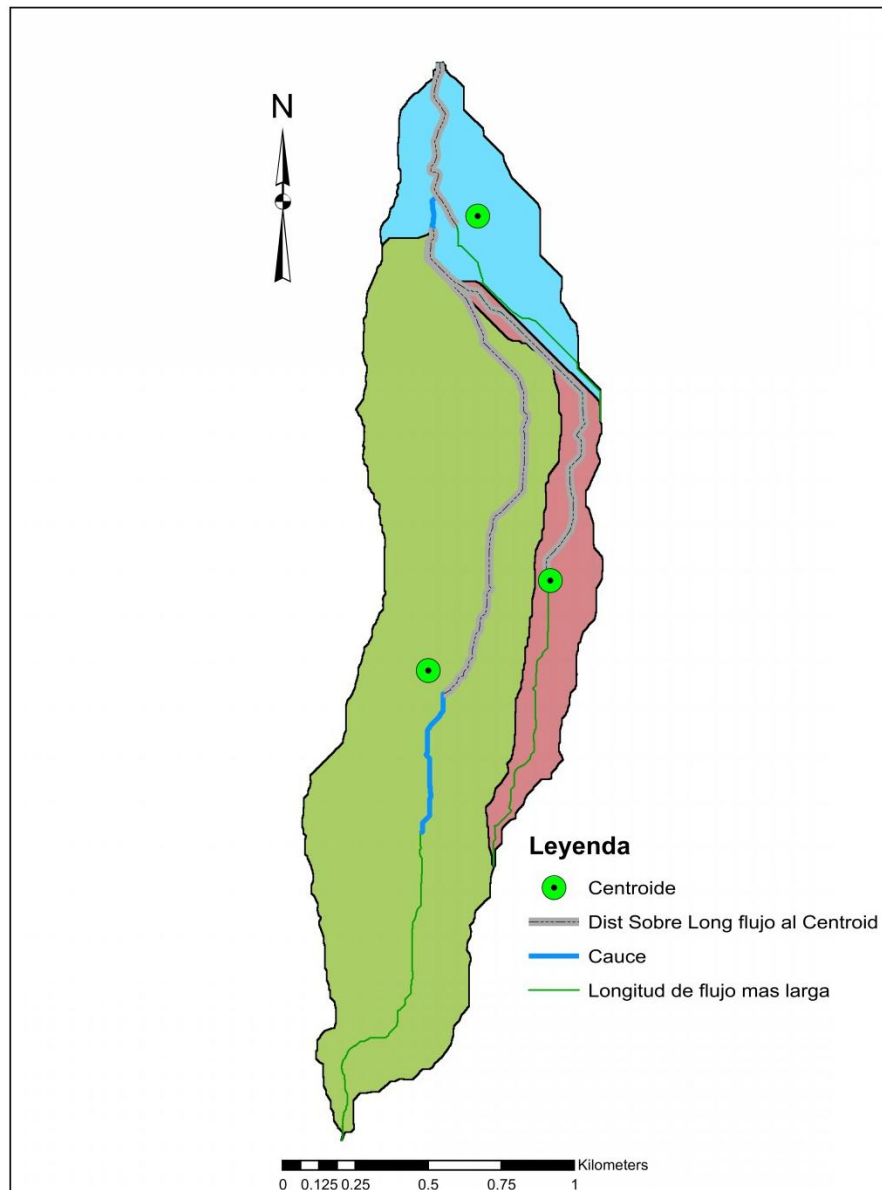


Figura 39 - Cuenca del puente Tierra Prometida con características físicas.

Los valores de longitud, longitud más larga, perímetro, área y pendiente se reflejan en la **Tabla 7**.

4.3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO EN SOFTWARE HEC-HMS V 3.4.

La delimitación del área de drenaje, perímetro, altura máxima y mínima de cada sub-cuenca, así como la longitud de cada cauce y otras características se obtienen por medio del software ArcMap v10.1.

Datos generales de la cuenca.

Área de la cuenca (A)	2.144764 km ²
Perímetro de la cuenca (p)	10.1960 km
Longitud del cauce principal (Lc _{princ})	3.083290 km
Altura mínima	148.68 msnm
Altura máxima	237.13 msnm
Pendiente del cauce principal	2.87 %

Tabla 7 - Datos de cada subcuenca.

Sub-cuenca	Nombre	Área (m)	L _{cauce} (m)	Long más larga(m)	Elev Up	Elev Ds	Pend fondo		Pend Terreno (%)
							m/m	%	
1	W40	303408	663.357	1575.724	191.246	148.685	0.02701	2.70%	4.8996
2	W60	281096	414.316	2646.194	256.000	161.801	0.03560	3.56%	5.6174
3	W50	1560260	2419.932	3660.657	307.893	161.805	0.03991	3.99%	10.3623

4.3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA.

- Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kf):

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K_c = 0.28 \frac{10.1960 \text{ km}}{\sqrt{2.144764 \text{ km}^2}} = 1.949$$

El factor de compacidad es mayor que 1, la cuenca es menos propensa a creciente.

- Factor de forma.

$$K_f = \frac{A}{Lc_{princ}^2}$$

$$K_f = \frac{2.144764 \text{ km}^2}{(3.083290 \text{ km})^2} = 0.226$$

El factor de forma es bajo, por lo tanto está sujeta a menos probabilidad de creciente.

- **Densidad de drenaje.**

$$D_d = \frac{\sum Lc}{A}$$

$$\sum Lc = 663.357m + 414.316m + 2419.932 = 3497.605m$$

$$D_d = \frac{3.498 \text{ km}}{2.144764 \text{ km}^2} = 1.631 \text{ km/km}^2$$

La densidad de drenaje indica que las precipitaciones tienen incidencia inmediata; la cuenca tiene respuesta rápida.

- **Curva hipsométrica.**

Tabla 8 - Áreas sobre las curvas - Curva Hipsométrica.

Cotas (msnm)			Área		% Área	% Área Acumulado
Sup	Inf	Intervalo	m ²	km ²		
-	307.893	307.893	0.00	0.00000	0.00	0.00
307.893	300	300	7246.94	0.00725	0.34	0.34
300	290	290	21490.27	0.02149	1.00	1.34
290	280	280	40759.80	0.04076	1.90	3.24
280	270	270	99972.37	0.09997	4.66	7.90
270	260	260	110481.94	0.11048	5.15	13.05
260	250	250	181223.81	0.18122	8.45	21.50
250	240	240	225959.28	0.22596	10.54	32.04
240	230	230	189329.24	0.18933	8.83	40.87
230	220	220	163558.70	0.16356	7.63	48.49
220	210	210	136458.25	0.13646	6.36	54.85
210	200	200	134531.03	0.13453	6.27	61.13
200	190	190	171362.88	0.17136	7.99	69.12
190	180	180	189889.54	0.18989	8.85	77.97
180	170	170	184920.01	0.18492	8.62	86.59
170	160	160	191181.37	0.19118	8.91	95.51
160	150	150	91637.61	0.09164	4.27	99.78
150	148.685	148.685	4760.38	0.00476	0.22	100.00
SUMA			2144763.42	2.14476	100.00	

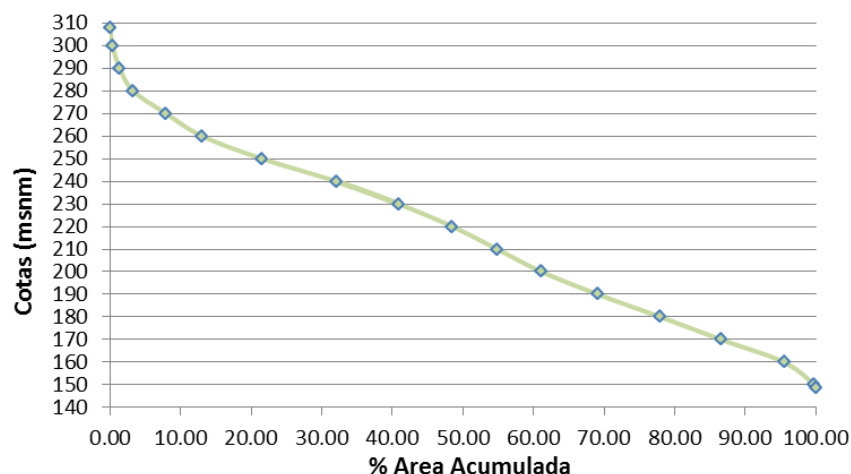


Figura 40 - Curva hipsométrica.

La forma de la curva hipsométrica se refiere a una cuenca en etapa de equilibrio o en transición, por lo que se trata de una cuenca geológicamente madura, es decir una cuenca de pie de montaña.

- Histograma de frecuencias altimétricas**

Tabla 9 - Áreas sobre curva - Histograma de frecuencias altimétricas.

Cotas (msnm)			Área		% Área	% Área Acumulado
Sup	Inf	Intervalo	m ²	km ²		
150	148.685	145	4760.38	0.00476	0.22	0.22
160	150	155	91637.61	0.09164	4.27	4.49
170	160	170	191181.37	0.19118	8.91	13.41
180	170	180	184920.01	0.18492	8.62	22.03
190	180	190	189889.54	0.18989	8.85	30.88
200	190	200	171362.88	0.17136	7.99	38.87
210	200	210	134531.03	0.13453	6.27	45.15
220	210	220	136458.25	0.13646	6.36	51.51
230	220	230	163558.70	0.16356	7.63	59.13
240	230	240	189329.24	0.18933	8.83	67.96
250	240	250	225959.28	0.22596	10.54	78.50
260	250	260	181223.81	0.18122	8.45	86.95
270	260	270	110481.94	0.11048	5.15	92.10
280	270	280	99972.37	0.09997	4.66	96.76
290	280	290	40759.80	0.04076	1.90	98.66
300	290	300	21490.27	0.02149	1.00	99.66
307.893	300	305	7246.94	0.00725	0.34	0.34
SUMA			2144763.42	2.14476	100.00	100.00

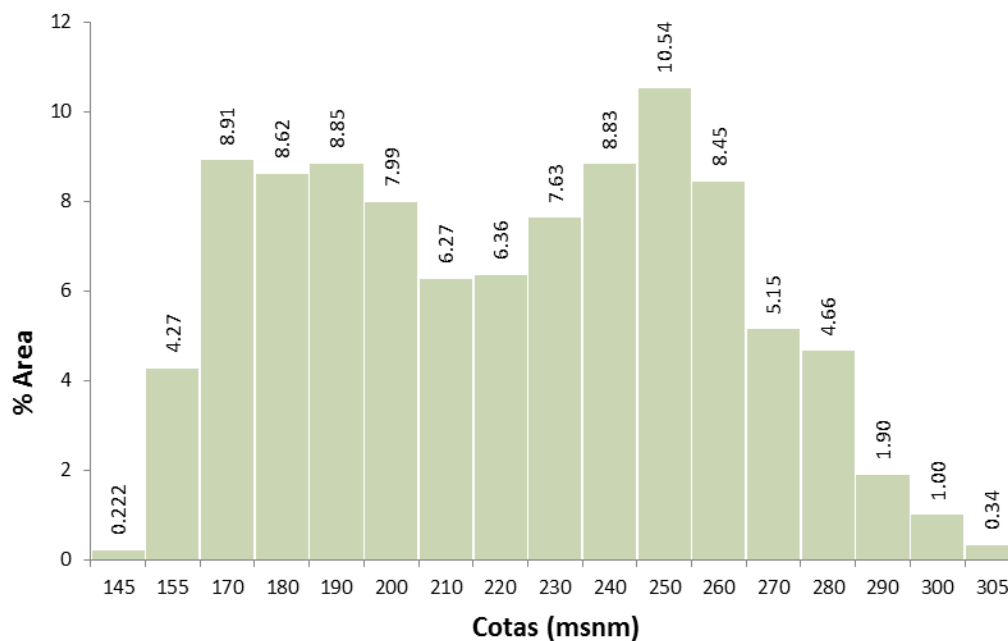


Figura 41 - Histograma de frecuencias altimétricas.

4.3.2 SELECCIÓN DEL PERÍODO DE RETORNO.

El período de retorno a seleccionar está en dependencia del tipo de obra de drenaje a analizar, en este caso una caja puente así como la importancia de la vía en donde se encuentra la obra.

Según el documento Clasificación Funcional de Carreteras (**Anexo B**), elaborado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura; el proyecto se ubica en el costado suroeste de la Empresa Nestlé y el puente se emplazará en el cauce que divide el Barrio Tierra Prometida y la Colonia Independencia, por lo tanto su clasificación funcional es de “Colectora Secundaria”. Según el MTI el período de retorno para la obra de drenaje es de 25, 50 y 100 años.

4.3.3 SELECCIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

El criterio de selección de estación se basa en el tipo, cantidad y periodicidad de datos. A pesar que existen estaciones que se encuentra en un radio más cercano a la cuenca, para el análisis realizado en este documento se utilizará la estación del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino (Latitud: 12°08'36" y Longitud: 86°09'49") del tipo (HMP), debido a que presenta una mayor consistencia de datos.

Se cumple además con el criterio de las condiciones topográficas de su área de influencia, según el cual, el punto en estudio no debe sobrepasar 50 km de radio a partir de la ubicación de dicha estación (**Figura 42**), de acuerdo con lo que sugiere el Manual de hidrología superficial de la Alcaldía de Managua.

Para el análisis se utilizaran las Curvas IDF (1976-2008) facilitados por la Alcaldía de Managua y los datos de Precipitación Horaria de las tormentas Irene (1971), Joan (1988) y Mitch (1998) proporcionados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (**Anexo A**).

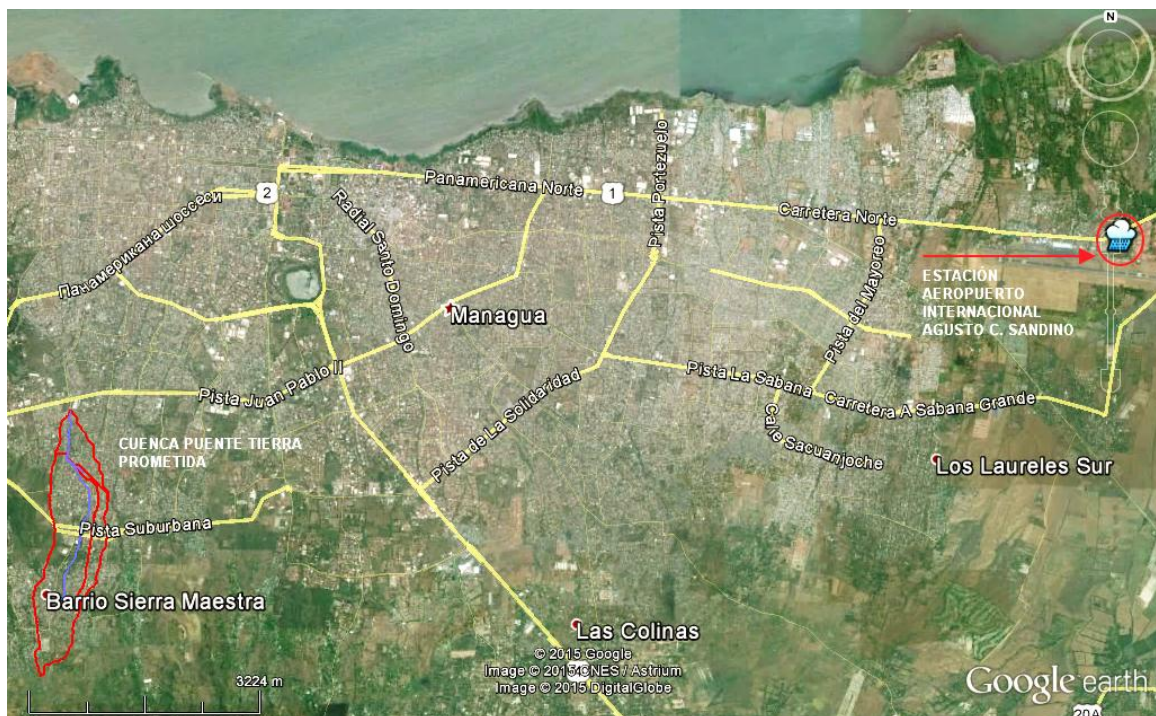


Figura 42 - Ubicación de la estación ACS con respecto a la cuenca.

4.3.4 CALCULO DE HIETOGRAMAS - MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO.

- **Período de Retorno - 25 años.**

Para elaborar **Tabla 10** se realiza el siguiente procedimiento:

- En la primera columna se selecciona intervalos a cada 5 minutos, esto se debe a que la cuenca presenta una respuesta rápida, y se trata de obtener resultados más precisos.
- El valor de la segunda columna es calculado a partir de la curva de intensidad duración y frecuencia para un período de retorno de 25 años para ellos se auxilia de su ecuación de regresión.

$$I(\text{mm/h})_{5 \text{ min más lluviosos}} = \frac{1393.311}{(5 + 9)^{0.683}} = 229.7 \text{ mm/h}$$

$$I(\text{mm/h})_{10 \text{ min mas lluviosos}} = \frac{1393.311}{(10 + 9)^{0.683}} = 186.5 \text{ mm/h}$$

Análogamente para todo los intervalos.

- En la tercera columna se calcula la precipitación de caída para cada intervalo, si para 5 minutos llovió con una intensidad de 229.7 mm/h, la precipitación es:

$$P(\text{mm})_{5 \text{ min mas lluviosos}} = 229.7 \frac{\text{mm}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} * 5 \text{ min} = 19.15 \text{ mm}$$

$$P(\text{mm})_{10 \text{ min mas lluviosos}} = 186.5 \frac{\text{mm}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} * 10 \text{ min} = 31.08 \text{ mm}$$

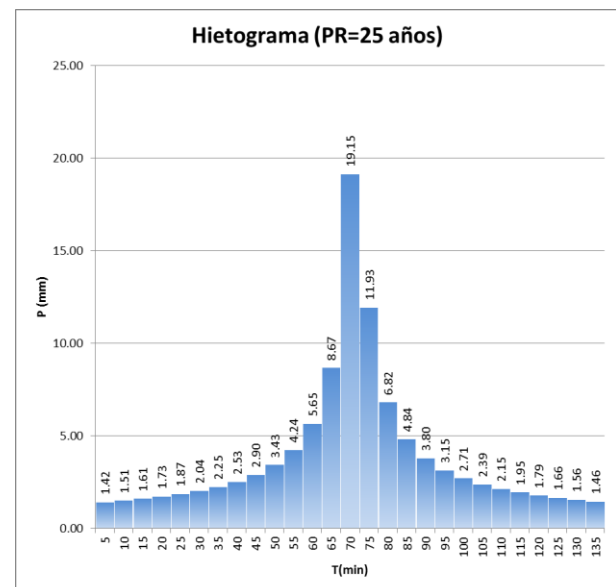
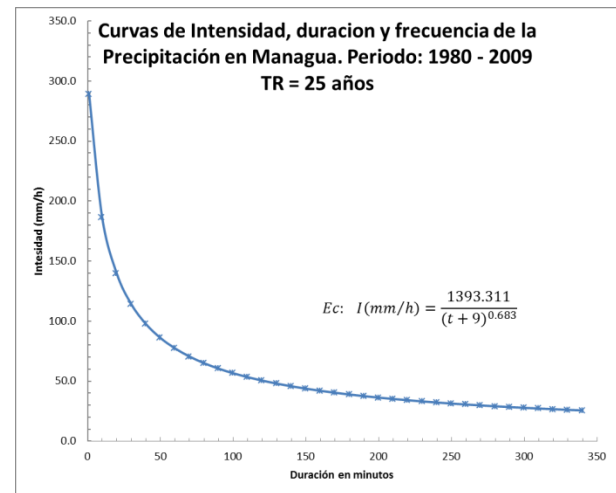
Análogamente para todo los intervalos.

- En la cuarta columna (ΔP) se debe suponer que para los 10 minutos más lluviosos caen 31.08 mm de lluvia y para 5 minutos más lluviosos caen 19.15 mm la diferencia entre ellos es equivale 11.93 mm, de la misma manera se procede en todo los intervalos.

- Finalmente para construir el hietograma, se reordena con el método del bloque alterno los valores de ΔP . En el centro de la tormenta ($t = 70$ minutos), se coloca el correspondiente a los 5 minutos más lluviosos de 19.15 mm, los demás bloque se van alternando en forma descendente.

Tabla 10 - Precipitación PR - 25 años

T (min)	I (mm/h)	P (mm)	ΔP (mm)	P (mm)
5	229.7	19.15	19.15	1.42
10	186.5	31.08	11.93	1.51
15	159.0	39.75	8.67	1.61
20	139.7	46.57	6.82	1.73
25	125.3	52.22	5.65	1.87
30	114.1	57.06	4.84	2.04
35	105.1	61.3	4.24	2.25
40	97.6	65.1	3.8	2.53
45	91.4	68.53	3.43	2.9
50	86.0	71.68	3.15	3.43
55	81.4	74.58	2.9	4.24
60	77.3	77.29	2.71	5.65
65	73.7	79.82	2.53	8.67
70	70.5	82.21	2.39	19.15
75	67.6	84.46	2.25	11.93
80	65.0	86.61	2.15	6.82
85	62.6	88.65	2.04	4.84
90	60.4	90.6	1.95	3.8
95	58.4	92.47	1.87	3.15
100	56.6	94.26	1.79	2.71
105	54.9	95.99	1.73	2.39
110	53.3	97.65	1.66	2.15
115	51.8	99.26	1.61	1.95
120	50.4	100.82	1.56	1.79
125	49.1	102.33	1.51	1.66
130	47.9	103.79	1.46	1.56
135	46.8	105.21	1.42	1.46

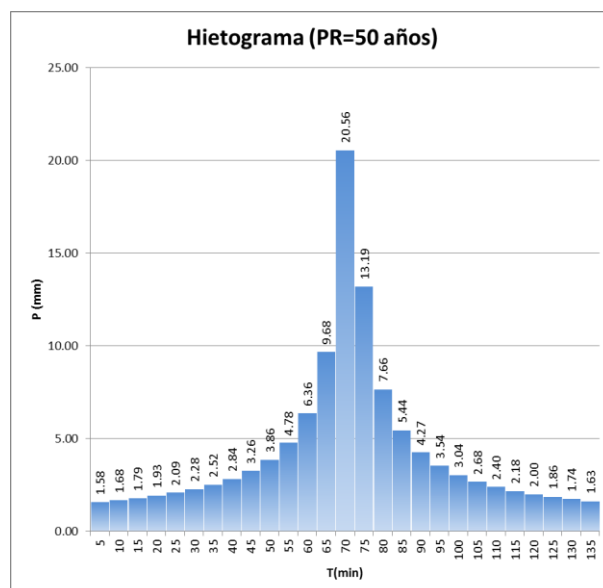
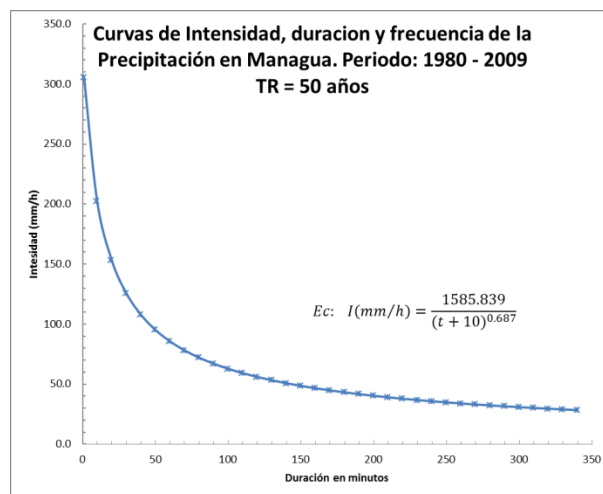


- Período de retorno - 50 años.

El procediendo para elaborar la **Tabla 11** es el mismo que se usó para elaborar **Tabla 10**.

Tabla 11 - Precipitación PR - 50 años

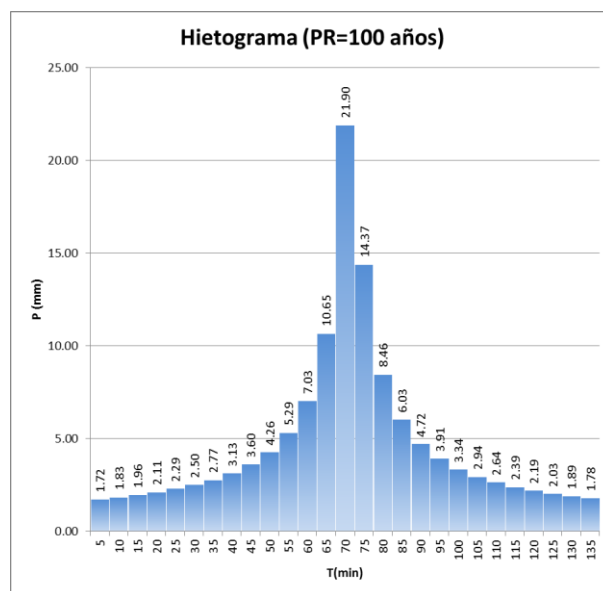
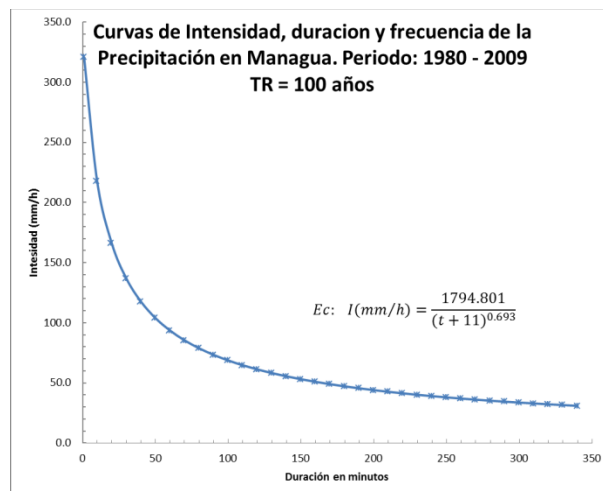
T (min)	I (mm/h)	P (mm)	ΔP (mm)	P (mm)
5	246.8	20.56	20.56	1.58
10	202.5	33.75	13.19	1.68
15	173.7	43.43	9.68	1.79
20	153.3	51.09	7.66	1.93
25	137.9	57.45	6.36	2.09
30	125.8	62.89	5.44	2.28
35	116.0	67.67	4.78	2.52
40	107.9	71.94	4.27	2.84
45	101.1	75.80	3.86	3.26
50	95.2	79.34	3.54	3.86
55	90.1	82.60	3.26	4.78
60	85.6	85.64	3.04	6.36
65	81.7	88.48	2.84	9.68
70	78.1	91.16	2.68	20.56
75	74.9	93.68	2.52	13.19
80	72.1	96.08	2.40	7.66
85	69.4	98.36	2.28	5.44
90	67.0	100.54	2.18	4.27
95	64.8	102.63	2.09	3.54
100	62.8	104.63	2.00	3.04
105	60.9	106.56	1.93	2.68
110	59.1	108.42	1.86	2.40
115	57.5	110.21	1.79	2.18
120	56.0	111.95	1.74	2.00
125	54.5	113.63	1.68	1.86
130	53.2	115.26	1.63	1.74
135	51.9	116.84	1.58	1.63



- Período de retorno - 100 años.

Tabla 12 - Precipitación PR - 100 años

T (min)	I (mm/h)	P (mm)	ΔP (mm)	P (mm)
5	262.8	21.90	21.90	1.72
10	217.6	36.27	14.37	1.83
15	187.7	46.92	10.65	1.96
20	166.2	55.38	8.46	2.11
25	149.8	62.41	7.03	2.29
30	136.9	68.44	6.03	2.50
35	126.4	73.73	5.29	2.77
40	117.7	78.45	4.72	3.13
45	110.3	82.71	4.26	3.60
50	103.9	86.62	3.91	4.26
55	98.4	90.22	3.60	5.29
60	93.6	93.56	3.34	7.03
65	89.3	96.69	3.13	10.65
70	85.4	99.63	2.94	21.90
75	81.9	102.40	2.77	14.37
80	78.8	105.04	2.64	8.46
85	75.9	107.54	2.50	6.03
90	73.3	109.93	2.39	4.72
95	70.9	112.22	2.29	3.91
100	68.6	114.41	2.19	3.34
105	66.6	116.52	2.11	2.94
110	64.7	118.55	2.03	2.64
115	62.9	120.51	1.96	2.39
120	61.2	122.40	1.89	2.19
125	59.6	124.23	1.83	2.03
130	58.2	126.01	1.78	1.89
135	56.8	127.73	1.72	1.78



También se determinaran los caudales

4.3.5 EVALUACION DEL MODELO HIDROLÓGICO EN HEC-HMS.

Para el análisis en HEC-HMS se importa el modelo de la cuenca desde el software ArcMap v 10.1 creado con la herramienta HecGeo HMS (**Figura 43**) donde se integran los siguientes elementos:

- ✓ Subcuenca (Subbasin).
- ✓ Tramos de tránsito (Reach).
- ✓ Uniones (Junction).
- ✓ Punto de cierre (Outlet).

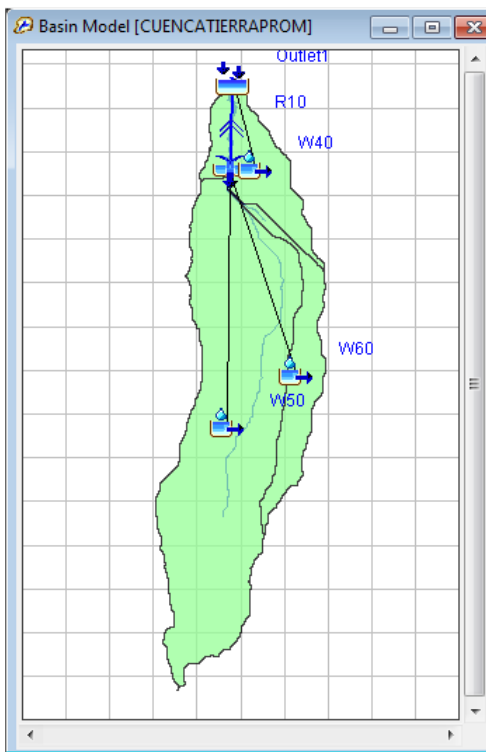


Figura 43 - Modelo de cuenca.

Las áreas de las subcuencas; así como los métodos de pérdidas, transformación y tránsito están incluidos en el modelo de cuenca.

Basin Name: CUENCATIERRAPROM Element Name: W40 Description: <input type="text"/> Downstream: <input type="text" value="Outlet1"/> *Area (KM2) <input type="text" value="0.30341"/> Loss Method: <input type="text" value="SCS Curve Number"/> Transform Method: <input type="text" value="SCS Unit Hydrograph"/> Baseflow Method: <input type="text" value="--None--"/>	Basin Name: CUENCATIERRAPROM Element Name: W50 Description: <input type="text"/> Downstream: <input type="text" value="J13"/> *Area (KM2) <input type="text" value="1.56026"/> Loss Method: <input type="text" value="SCS Curve Number"/> Transform Method: <input type="text" value="SCS Unit Hydrograph"/> Baseflow Method: <input type="text" value="--None--"/>	Basin Name: CUENCATIERRAPROM Element Name: W60 Description: <input type="text"/> Downstream: <input type="text" value="J13"/> *Area (KM2) <input type="text" value="0.28110"/> Loss Method: <input type="text" value="SCS Curve Number"/> Transform Method: <input type="text" value="SCS Unit Hydrograph"/> Baseflow Method: <input type="text" value="--None--"/>
--	--	--

Figura 44 - Propiedades de las subcuencas HEC-HMS.

4.3.5.1 MÉTODO DE PÉRDIDA: SCS – NÚMERO DE CURVA.

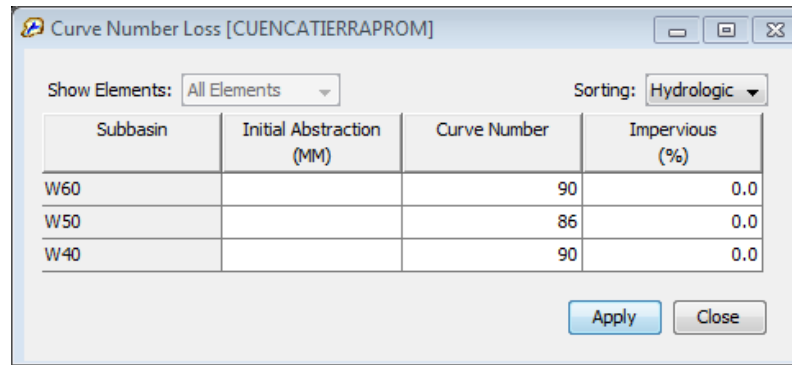
- **Número de curva.**

Para el cálculo del método de pérdida se requiere el dato de número de curva; en el cual se determina el área correspondiente para el tipo y uso de suelo en cada una de las subcuencas (**Anexo D**).

Tabla 13 - Determinación del número de curva – Método SCS.

DETERMINACION DEL NÚMERO DE CURVA				
Grupo Hidrológico del Suelo	Descripción del uso de la tierra	CN	Área (m ²)	Área x CN
W 40				
C	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	90	303400	-
NÚMERO DE CURVA				90
W 50				
C	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	90	1009595.97	90863637.3
C	Áreas Abiertas condiciones aceptables	79	529898.94	41862016.26
B	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	85	20764.2	1764957
SUMA			1560259.11	134490610.6
NÚMERO DE CURVA				86
W 60				
C	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	90	281104	-
NÚMERO DE CURVA				90

Los valores son tabulados en la ventana de Curver Number Loss (**Figura 45**).



Subbasin	Initial Abstraction (MM)	Curve Number	Impervious (%)
W60		90	0.0
W50		86	0.0
W40		90	0.0

Figura 45 - Ingreso de números de curvas en HEC-HMS.

4.3.5.2 METODO DE TRANSFORMACION - SCS HIDROGRAMA UNITARIO.

- **Tiempo de concentración.**

Para determinar los tiempos se aplica la fórmula del Ing. Basso, propuesta en el proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$T_c = 0.0041 \left[\frac{3.28L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77}$$

- ✓ Subcuenca W40

$$T_{c_{W40}} = 0.0041 \left[\frac{3.28(1575.724 \text{ m})}{\sqrt{0.02701 \text{ m/m}}} \right]^{0.77} = 11.910 \text{ min}$$

- ✓ Subcuenca W50

$$T_{c_{W50}} = 0.0041 \left[\frac{3.28(3660.657 \text{ m})}{\sqrt{0.03991 \text{ m/m}}} \right]^{0.77} = 19.613 \text{ min}$$

- ✓ Subcuenca W60

$$T_{c_{W60}} = 0.0041 \left[\frac{3.28(2646.194 \text{ m})}{\sqrt{0.03560 \text{ m/m}}} \right]^{0.77} = 15.963 \text{ min}$$

- **Tiempo de lag**

El tiempo de lag es necesario en el método de transformación y se calcula como el 60 % del tiempo de concentración.

$$Tlag_i = 0.60 T_{c_i}$$

- ✓ Subcuenca W40

$$Tlag_{W40} = 0.60 * 11.910 \text{ min} = 7.146 \text{ min}$$

- ✓ Subcuenca W50

$$Tlag_{W50} = 0.60 * 19.613 \text{ min} = 11.768 \text{ min}$$

- ✓ Subcuenca W60

$$Tlag_{W60} = 0.60 * 15.963 \text{ min} = 9.578 \text{ min}$$

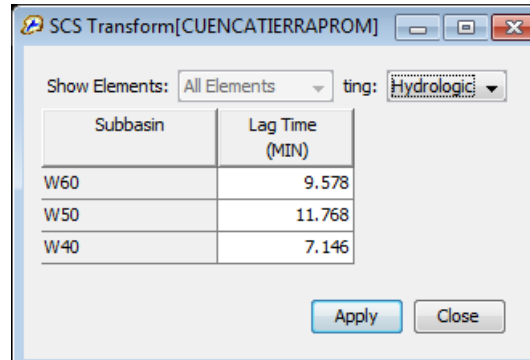


Figura 46 - Ingreso de lag time en HEC-HMS.

4.3.5.3 TRÁNSITO DE HIDROGRAMA - MÉTODO DE MUSKINGUM.

- ✓ Tiempo de retardo (k).

$$k = \frac{L_t}{V_t}$$

$$V_{tW60} = \frac{414.316 \text{ m}}{15.963 \text{ min}} = 25.95 \text{ m/min}$$

$$V_{tW50} = \frac{2419.932 \text{ m}}{19.613 \text{ min}} = 123.38 \text{ m/min}$$

$$V_{tprom} = \frac{25.95 \text{ m/min} + 123.38 \text{ m/min}}{2} = 74.67 \text{ m/min}$$

$$k = \frac{663.357 \text{ m}}{74.67 \text{ m/min}} = 8.884 \text{ min} = 0.148 \text{ hrs}$$

- ✓ Factor de proporcionalidad de la cuña (x)

En cauces poco caudalosos se tomó un valor entre 0.1 – 0.3; en este caso se utiliza 0.2 como valor equivalente a x.

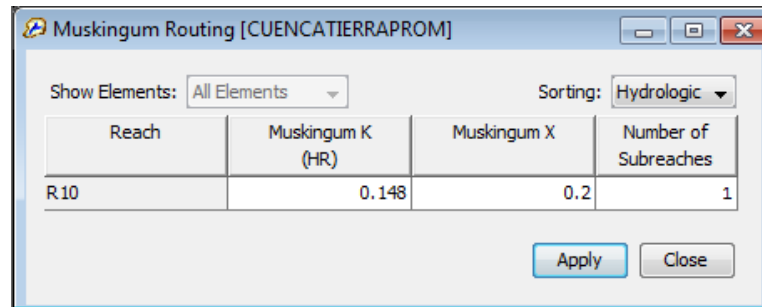


Figura 47 - Ingreso de tiempo de retardo y factor proporcionalidad de cuña.

4.3.6 MODELO METEOROLÓGICO.

Antes de crear el modelo meteorológico, se introducen los datos pluviométricos en el Time Series Data Manager; siendo estos los eventos extremos: Huracán Irene (1971), Joan (1988) y Mitch (1998) (**Anexo A**), y los hietogramas resultante de las tormentas de diseño para los períodos de retorno 25, 50 y 100 años.

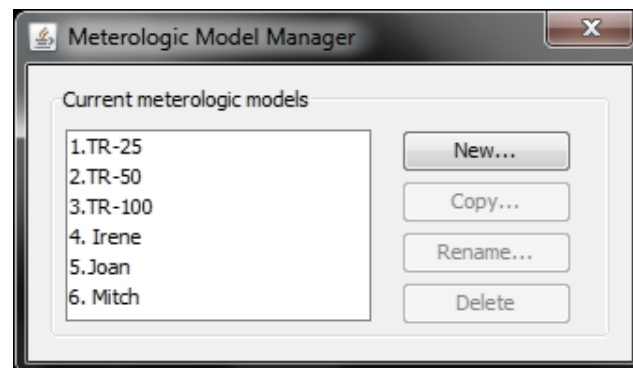


Figura 48 - Modelo meteorológico.

4.3.7 RESULTADOS DEL PROCESO DE MODELACION CON HEC HMS.

Los datos que se presentan a continuación corresponden a los resultados para la tormenta de diseño con período de retorno de 50 años.

Para la subcuenca W40 se presenta los resultados tanto como de precipitación, pérdida, y escurrimiento de flujo en la **Tabla 14**; y se representan en la **Figura 49**.

Tabla 14 – Resultados de series de tiempo - W40 (TR : 50).

Time-Series Results for Subbasin "W40"

Project: E. HIDRO TIERRA PROM
Simulation Run: 2. TR-50 Subbasin: W40

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: CUENCATIERRAPROM
End of Run: 01ene2000, 03:00 Meteorologic Model: 2.TR-50
Compute Time: 05jun2014, 10:22:18 Control Specifications: 1.CURVAS IDF

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene2000	00:20	1.54	1.48	0.06	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:24	1.67	1.44	0.23	0.1	0.0	0.1
01ene2000	00:28	1.79	1.38	0.41	0.2	0.0	0.2
01ene2000	00:32	1.92	1.33	0.59	0.3	0.0	0.3
01ene2000	00:36	2.08	1.28	0.80	0.6	0.0	0.6
01ene2000	00:40	2.27	1.24	1.03	0.8	0.0	0.8
01ene2000	00:44	2.61	1.26	1.35	1.1	0.0	1.1
01ene2000	00:48	2.97	1.26	1.71	1.4	0.0	1.4
01ene2000	00:52	3.46	1.27	2.19	1.8	0.0	1.8
01ene2000	00:56	4.14	1.30	2.84	2.3	0.0	2.3
01ene2000	01:00	5.09	1.34	3.75	3.0	0.0	3.0
01ene2000	01:04	7.74	1.64	6.10	4.1	0.0	4.1
01ene2000	01:08	14.27	2.19	12.08	6.5	0.0	6.5
01ene2000	01:12	13.50	1.45	12.05	10.0	0.0	10.0
01ene2000	01:16	9.45	0.79	8.66	12.1	0.0	12.1
01ene2000	01:20	6.13	0.44	5.69	11.6	0.0	11.6
01ene2000	01:24	4.35	0.28	4.07	9.6	0.0	9.6
01ene2000	01:28	3.65	0.22	3.43	7.5	0.0	7.5
01ene2000	01:32	3.12	0.18	2.95	5.9	0.0	5.9
01ene2000	01:36	2.73	0.15	2.58	4.8	0.0	4.8
01ene2000	01:40	2.43	0.13	2.31	4.1	0.0	4.1
01ene2000	01:44	2.14	0.11	2.04	3.5	0.0	3.5
01ene2000	01:48	1.98	0.10	1.88	3.0	0.0	3.0
01ene2000	01:52	1.83	0.09	1.75	2.7	0.0	2.7
01ene2000	01:56	1.71	0.08	1.63	2.4	0.0	2.4
01ene2000	02:00	1.60	0.07	1.53	2.2	0.0	2.2
01ene2000	02:04	1.49	0.07	1.42	2.1	0.0	2.1
01ene2000	02:08	1.42	0.06	1.36	1.9	0.0	1.9

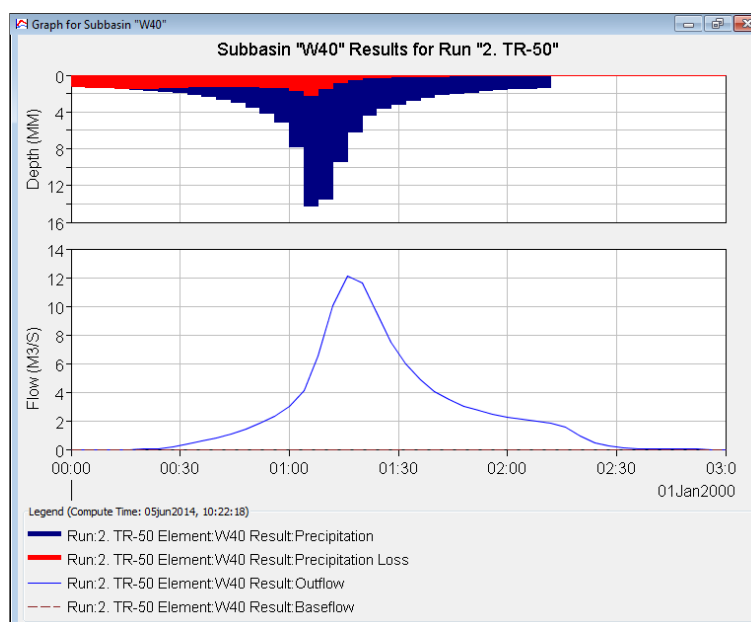


Figura 49 - Hidrograma W40 (TR : 50).

De la misma manera se presentan los resultados para la subcuenca W50 (**Tabla 15** y **Figura 50**) y la subcuenca W60 (**Tabla 16** y **Figura 51**).

Tabla 15 – Resultados de series de tiempo - W50 (TR : 50).

Project: E. HIDRO TIERRA PROM							
Simulation Run: 2. TR-50 Subbasin: W50							
Start of Run: 01ene2000, 00:00				Basin Model: CUENCATIERRAPROM			
End of Run: 01ene2000, 03:00				Meteorologic Model: 2.TR-50			
Compute Time: 05jun2014, 10:22:18				Control Specifications: 1.CURVAS IDF			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene2000	00:24	1.67	1.67	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:28	1.79	1.68	0.10	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:32	1.92	1.66	0.26	0.2	0.0	0.2
01ene2000	00:36	2.08	1.65	0.43	0.5	0.0	0.5
01ene2000	00:40	2.27	1.64	0.63	1.0	0.0	1.0
01ene2000	00:44	2.61	1.71	0.90	1.8	0.0	1.8
01ene2000	00:48	2.97	1.75	1.22	2.9	0.0	2.9
01ene2000	00:52	3.46	1.81	1.64	4.2	0.0	4.2
01ene2000	00:56	4.14	1.91	2.23	5.9	0.0	5.9
01ene2000	01:00	5.09	2.03	3.06	8.2	0.0	8.2
01ene2000	01:04	7.74	2.57	5.18	11.5	0.0	11.5
01ene2000	01:08	14.27	3.57	10.70	17.5	0.0	17.5
01ene2000	01:12	13.50	2.47	11.03	27.6	0.0	27.6
01ene2000	01:16	9.45	1.38	8.07	39.1	0.0	39.1
01ene2000	01:20	6.13	0.78	5.35	46.8	0.0	46.8
01ene2000	01:24	4.35	0.51	3.85	47.9	0.0	47.9
01ene2000	01:28	3.65	0.40	3.25	43.6	0.0	43.6
01ene2000	01:32	3.12	0.32	2.80	37.2	0.0	37.2
01ene2000	01:36	2.73	0.27	2.46	31.2	0.0	31.2
01ene2000	01:40	2.43	0.23	2.20	26.3	0.0	26.3
01ene2000	01:44	2.14	0.20	1.95	22.4	0.0	22.4
01ene2000	01:48	1.98	0.18	1.80	19.3	0.0	19.3
01ene2000	01:52	1.83	0.16	1.67	16.8	0.0	16.8
01ene2000	01:56	1.71	0.14	1.56	14.9	0.0	14.9
01ene2000	02:00	1.60	0.13	1.47	13.3	0.0	13.3
01ene2000	02:04	1.49	0.12	1.37	12.1	0.0	12.1
01ene2000	02:08	1.42	0.11	1.30	11.1	0.0	11.1

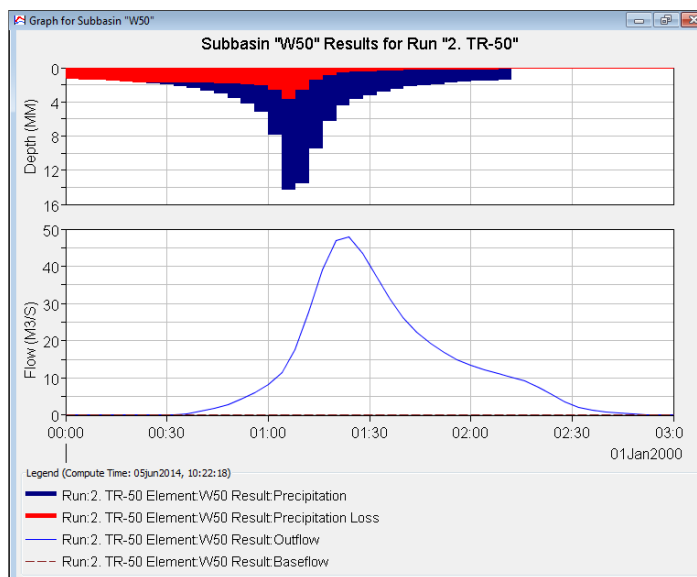


Figura 50 - Hidrograma W50 (TR : 50).

Tabla 16 - Resultados de series de tiempo – W60 (TR : 50).

Time-Series Results for Subbasin "W60"

Project: E. HIDRO TIERRA PROM
Simulation Run: 2. TR-50 Subbasin: W60

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: CUENCATIERRAPROM
End of Run: 01ene2000, 03:00 Meteorologic Model: 2.TR-50
Compute Time: 05jun2014, 10:22:18 Control Specifications: 1.CURVAS IDF

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene2000	00:24	1.67	1.44	0.23	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:28	1.79	1.38	0.41	0.1	0.0	0.1
01ene2000	00:32	1.92	1.33	0.59	0.2	0.0	0.2
01ene2000	00:36	2.08	1.28	0.80	0.4	0.0	0.4
01ene2000	00:40	2.27	1.24	1.03	0.6	0.0	0.6
01ene2000	00:44	2.61	1.26	1.35	0.8	0.0	0.8
01ene2000	00:48	2.97	1.26	1.71	1.1	0.0	1.1
01ene2000	00:52	3.46	1.27	2.19	1.4	0.0	1.4
01ene2000	00:56	4.14	1.30	2.84	1.8	0.0	1.8
01ene2000	01:00	5.09	1.34	3.75	2.4	0.0	2.4
01ene2000	01:04	7.74	1.64	6.10	3.2	0.0	3.2
01ene2000	01:08	14.27	2.19	12.08	4.7	0.0	4.7
01ene2000	01:12	13.50	1.45	12.05	7.3	0.0	7.3
01ene2000	01:16	9.45	0.79	8.66	9.6	0.0	9.6
01ene2000	01:20	6.13	0.44	5.69	10.4	0.0	10.4
01ene2000	01:24	4.35	0.28	4.07	9.6	0.0	9.6
01ene2000	01:28	3.65	0.22	3.43	8.0	0.0	8.0
01ene2000	01:32	3.12	0.18	2.95	6.5	0.0	6.5
01ene2000	01:36	2.73	0.15	2.58	5.3	0.0	5.3
01ene2000	01:40	2.43	0.13	2.31	4.4	0.0	4.4
01ene2000	01:44	2.14	0.11	2.04	3.7	0.0	3.7
01ene2000	01:48	1.98	0.10	1.88	3.2	0.0	3.2
01ene2000	01:52	1.83	0.09	1.75	2.8	0.0	2.8
01ene2000	01:56	1.71	0.08	1.63	2.5	0.0	2.5
01ene2000	02:00	1.60	0.07	1.53	2.3	0.0	2.3
01ene2000	02:04	1.49	0.07	1.42	2.1	0.0	2.1
01ene2000	02:08	1.42	0.06	1.36	1.9	0.0	1.9
01ene2000	02:12	1.35	0.06	1.29	1.8	0.0	1.8

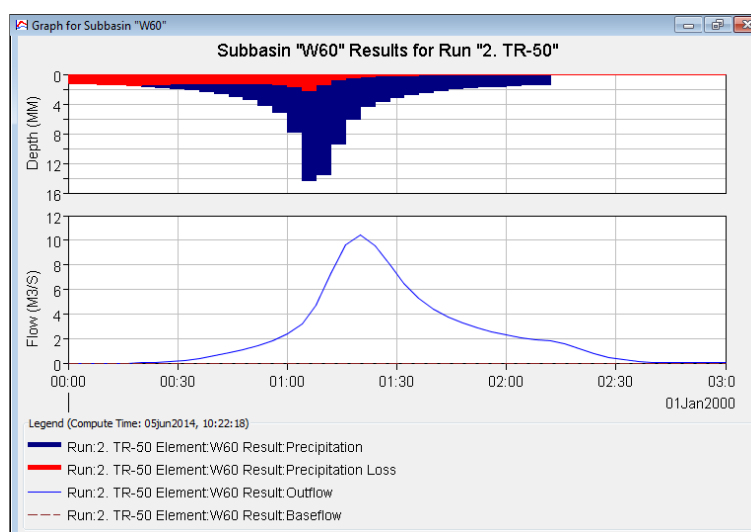


Figura 51 - Hidrograma W60 (TR : 50).

Los resultados en la unión donde convergen las cuencas W60 y W50 se detallan en la **Figura 52** donde se muestra la suma de caudales.

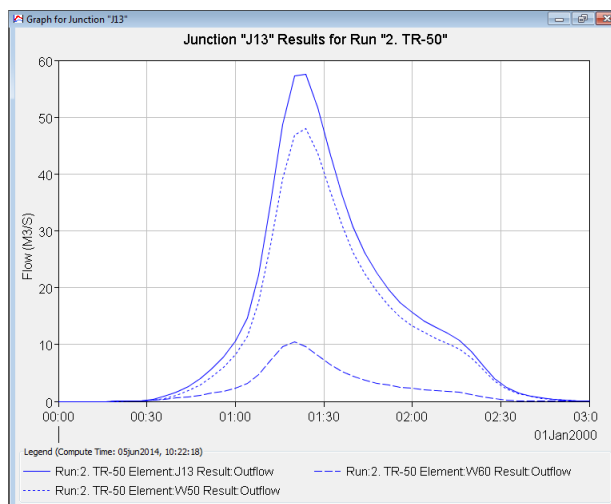


Figura 52 - Hidrograma en la unión (TR : 50).

El tránsito del cauce R10 se detalla en la **Tabla 17** y en la **Figura 53**.

Tabla 17 - Resultados de series de tiempo – Tránsito R10 (TR : 50).

Time-Series Results for Reach "R10"

Project: E. HIDRO TIERRA PROM
Simulation Run: 2, TR-50 Reach: R10

Star... 01ene2000, 00:00 Basin Model: CUENCATIERR.
En... 01ene2000, 03:00 Meteorologic Model: 2,TR-50
Comp... 05jun2014, 10:22:18 Control Specifications: 1.CURVAS IDF

Date	Time	Inflow (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2000	00:32	0.4	0.1
01ene2000	00:36	0.9	0.2
01ene2000	00:40	1.6	0.5
01ene2000	00:44	2.7	1.0
01ene2000	00:48	4.0	1.8
01ene2000	00:52	5.6	2.8
01ene2000	00:56	7.8	4.1
01ene2000	01:00	10.6	5.8
01ene2000	01:04	14.7	8.0
01ene2000	01:08	22.3	11.1
01ene2000	01:12	34.9	16.3
01ene2000	01:16	48.7	24.8
01ene2000	01:20	57.2	35.5
01ene2000	01:24	57.5	45.1
01ene2000	01:28	51.6	50.4
01ene2000	01:32	43.7	50.7
01ene2000	01:36	36.5	47.5
01ene2000	01:40	30.7	42.5
01ene2000	01:44	26.1	37.2
01ene2000	01:48	22.5	32.2
01ene2000	01:52	19.6	27.9
01ene2000	01:56	17.4	24.2
01ene2000	02:00	15.6	21.2
01ene2000	02:04	14.2	18.7
01ene2000	02:08	13.0	16.7
01ene2000	02:12	12.0	15.0
01ene2000	02:16	10.8	13.7
01ene2000	02:20	8.8	12.4

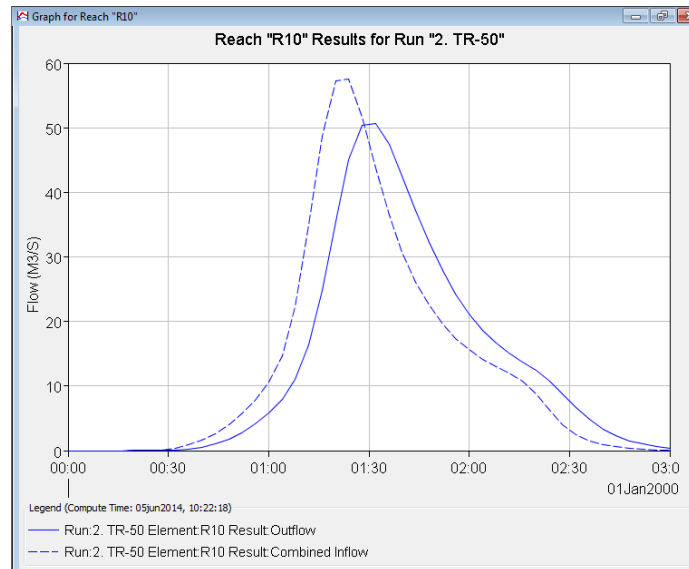


Figura 53 - Tránsito de R10 (TR : 50).

En la **figura 53** se observa que el caudal de entrada de $57.5 \text{ m}^3/\text{s}$ es mayor que el caudal de salida de $50.7 \text{ m}^3/\text{s}$, evidenciando una amortiguación de caudal debido al almacenamiento en cuña; durante la recesión el caudal de salida es mayor que el caudal de entrada.

En el punto de cierre donde se ubica el Puente Tierra Prometida; el análisis establece el Hidrograma de salida la **Figura 54** que corresponde suma de caudales del cauce R10 y la subcuenca W40.

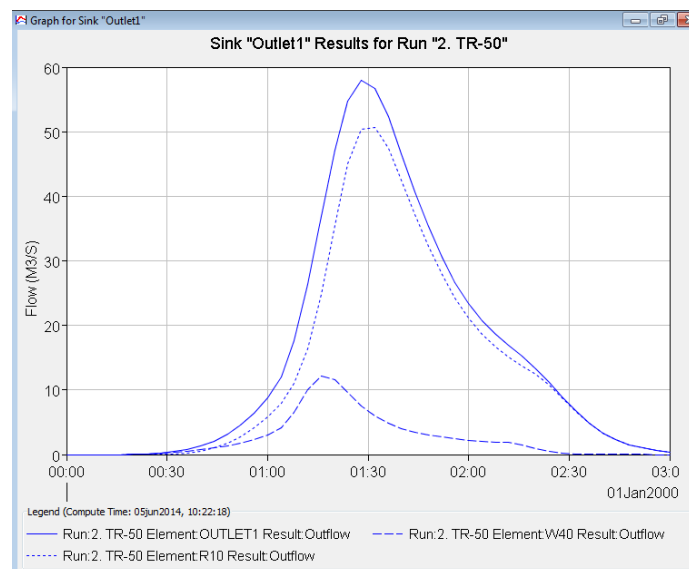
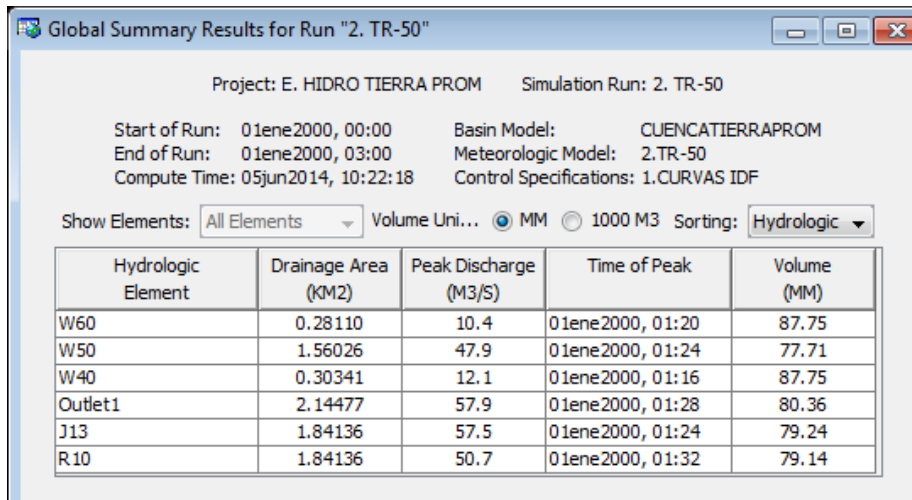


Figura 54 - Hidrograma de salida en el punto de cierre (TR :50).

Aquí se observa el pico ($57.9 \text{ m}^3/\text{s}$, hora 01:28).

Para sintetizar se muestra la tabla de sumario global de resultados (**Tabla 18**).

Tabla 18 - Sumario global de resultados (TR: 50).



Project: E. HIDRO TIERRA PROM Simulation Run: 2. TR-50

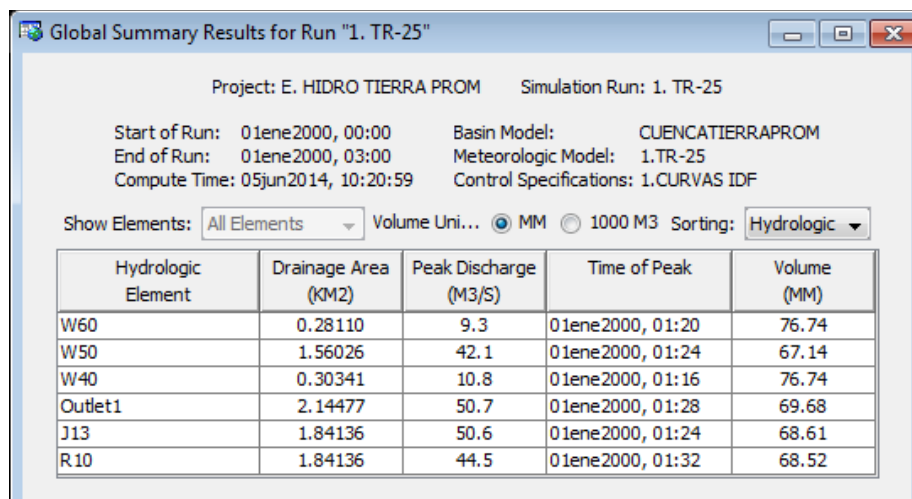
Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: CUENCATIERRAPROM
 End of Run: 01ene2000, 03:00 Meteorologic Model: 2.TR-50
 Compute Time: 05jun2014, 10:22:18 Control Specifications: 1.CURVAS IDF

Show Elements: All Elements Volume Uni... ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W60	0.28110	10.4	01ene2000, 01:20	87.75
W50	1.56026	47.9	01ene2000, 01:24	77.71
W40	0.30341	12.1	01ene2000, 01:16	87.75
Outlet1	2.14477	57.9	01ene2000, 01:28	80.36
J13	1.84136	57.5	01ene2000, 01:24	79.24
R10	1.84136	50.7	01ene2000, 01:32	79.14

Simplificando los resultados de la modelación para el período de retorno de 25 años se muestra la tabla con sumarios globales (**Tabla 19**); así mismo para el período de retorno de 100 años (**Tabla 20**), y de los eventos extremos Irene (**Tabla 21**), Joan (**Tabla 22**), Mitch (**Tabla 23**).

Tabla 19 - Sumario global de resultados (TR : 25).



Project: E. HIDRO TIERRA PROM Simulation Run: 1. TR-25

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: CUENCATIERRAPROM
 End of Run: 01ene2000, 03:00 Meteorologic Model: 1.TR-25
 Compute Time: 05jun2014, 10:20:59 Control Specifications: 1.CURVAS IDF

Show Elements: All Elements Volume Uni... ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W60	0.28110	9.3	01ene2000, 01:20	76.74
W50	1.56026	42.1	01ene2000, 01:24	67.14
W40	0.30341	10.8	01ene2000, 01:16	76.74
Outlet1	2.14477	50.7	01ene2000, 01:28	69.68
J13	1.84136	50.6	01ene2000, 01:24	68.61
R10	1.84136	44.5	01ene2000, 01:32	68.52

Tabla 20 - Sumario global de resultados (TR : 100).

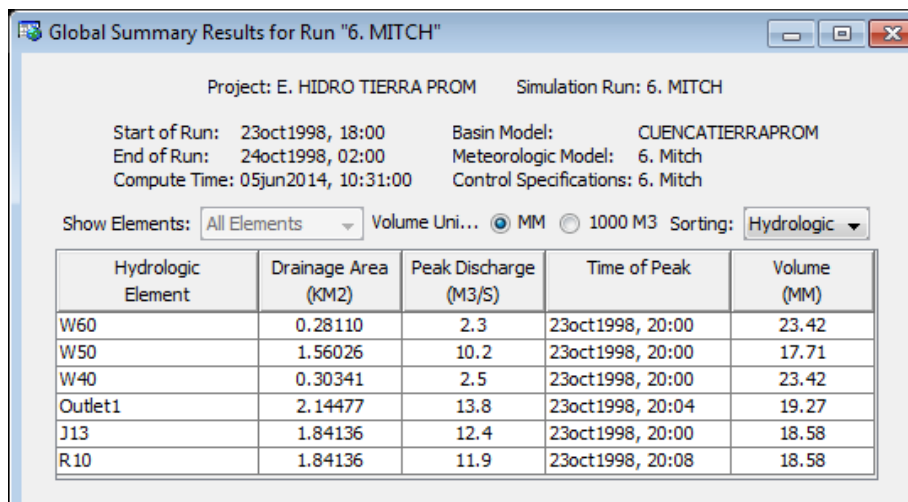
Global Summary Results for Run "3. TR-100"				
Project: E. HIDRO TIERRA PROM		Simulation Run: 3. TR-100		
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: CUENCATIERRAPROM			
End of Run: 01ene2000, 03:00	Meteorologic Model: 3.TR-100			
Compute Time: 05jun2014, 10:22:58	Control Specifications: 1.CURVAS IDF			
Show Elements:	All Elements	Volume Uni...	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W60	0.28110	11.5	01ene2000, 01:20	98.13
W50	1.56026	53.5	01ene2000, 01:24	87.73
W40	0.30341	13.3	01ene2000, 01:16	98.13
Outlet1	2.14477	64.7	01ene2000, 01:28	90.47
J13	1.84136	64.0	01ene2000, 01:24	89.32
R.10	1.84136	56.6	01ene2000, 01:32	89.21

Tabla 21 - Sumario global de resultados (Evento IRENE).

Global Summary Results for Run "4. IRENE"				
Project: E. HIDRO TIERRA PROM		Simulation Run: 4. IRENE		
Start of Run: 19sep1971, 21:00	Basin Model: CUENCATIERRAPROM			
End of Run: 20sep1971, 07:00	Meteorologic Model: 4. Irene			
Compute Time: 05jun2014, 10:27:24	Control Specifications: 4. Irene			
Show Elements:	All Elements	Volume Uni...	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W60	0.28110	2.9	20sep1971, 02:00	75.67
W50	1.56026	14.3	20sep1971, 02:00	66.13
W40	0.30341	3.1	20sep1971, 02:00	75.67
Outlet1	2.14477	19.7	20sep1971, 02:04	68.73
J13	1.84136	17.2	20sep1971, 02:00	67.58
R.10	1.84136	16.8	20sep1971, 02:08	67.58

Tabla 22 - Sumario global de resultados (Evento JOAN).

Global Summary Results for Run "5. JOAN"				
Project: E. HIDRO TIERRA PROM		Simulation Run: 5. JOAN		
Start of Run: 22oct1988, 08:00	Basin Model: CUENCATIERRAPROM			
End of Run: 23oct1988, 06:00	Meteorologic Model: 5.Joan			
Compute Time: 05jun2014, 10:28:16	Control Specifications: 5. Joan			
Show Elements:	All Elements	Volume Uni...	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W60	0.28110	3.6	23oct1988, 01:00	209.56
W50	1.56026	19.9	23oct1988, 01:00	197.03
W40	0.30341	3.9	23oct1988, 01:00	209.56
Outlet1	2.14477	27.3	23oct1988, 01:00	200.45
J13	1.84136	23.5	23oct1988, 01:00	198.95
R.10	1.84136	23.4	23oct1988, 01:04	198.94

Tabla 23 - Sumario global de resultados (Evento MITCH).


Project: E. HIDRO TIERRA PROM Simulation Run: 6. MITCH

Start of Run: 23oct1998, 18:00 Basin Model: CUENCATIERRAPROM
 End of Run: 24oct1998, 02:00 Meteorologic Model: 6. Mitch
 Compute Time: 05jun2014, 10:31:00 Control Specifications: 6. Mitch

Show Elements: All Elements Volume Uni... ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W60	0.28110	2.3	23oct1998, 20:00	23.42
W50	1.56026	10.2	23oct1998, 20:00	17.71
W40	0.30341	2.5	23oct1998, 20:00	23.42
Outlet1	2.14477	13.8	23oct1998, 20:04	19.27
J13	1.84136	12.4	23oct1998, 20:00	18.58
R10	1.84136	11.9	23oct1998, 20:08	18.58

Tabla 24 - Resumen de caudales calculados para cada evento.

Evento	Caudal (m ³ /s)
Tiempo de Retorno = 25 años	50.7
Tiempo de Retorno = 50 años	57.9
Tiempo de Retorno = 100 años	64.7
Huracán Irene	19.7
Huracán Joan	27.3
Huracán Mitch	13.8

En el **Anexo F** se determinó los caudales picos para los periodos de retornos de 25, 50 y 100 años mediante el método racional, con el fin de realizar una comparación con los resultados obtenidos con el software HEC-HMS, donde se obtienen caudales de 71.64 m³/s, 78.59 m³/s y 85.18 m³/s respectivamente.

El Manual para la revisión de estudios hidrotécnico de drenaje mayor del Ministerio de Transporte e Infraestructura no restringe el método a utilizar para el cálculo de escorrentía.

Si bien el Método Racional puede ser usado en cuencas de 0 a 3.0 km², el Método de la SCS también es adecuado en cuencas de 0 a 8.1 km²; aunque el método de racional es simple y directo, está basado en las siguientes suposiciones para la determinación de descarga pico.

- La lluvia es uniforme en el tiempo o de intensidad constante.
- Ignora los efectos de almacenamiento o retención temporal del agua escurrida en el cauce.
- Asume que la escorrentía es directamente proporcional a la precipitación y no toma en cuenta que la infiltración varía con respecto al tiempo.

Esto genera un alto grado de incertidumbre, por lo que en la modelación hidráulica se usara los caudales determinados con el programa HEC-HMS.

4.4 ANÁLISIS HIDRAULICO CON SOFTWARE HEC-RAS 4.1.0.

El análisis hidráulico estudia el comportamiento del agua, la capacidad del cauce y la estructura de drenaje propuesta, para los diferentes caudales calculados en el modelo hidrológico, haciendo uso de la herramienta de computo HEC-RAS.

El procedimiento a seguir se basa en la creación del modelo geométrico obtenido a partir del levantamiento topográfico de 200 metros de cauce, y la determinación de los coeficientes de rugosidad, contracción y expansión.

Así mismo se ingresan los parámetros hidráulicos como datos de caudal y condiciones de borde, se define un plan, realizan los cálculos e interpretan los resultados.

4.4.1 INGRESO DE DATOS GEOMETRICOS.

Antes de ingresar los datos geométricos es necesario realizar un esquema del cauce con la herramienta River Reach, el cauce debe ser dibujado en dirección aguas arriba-aguas abajo.

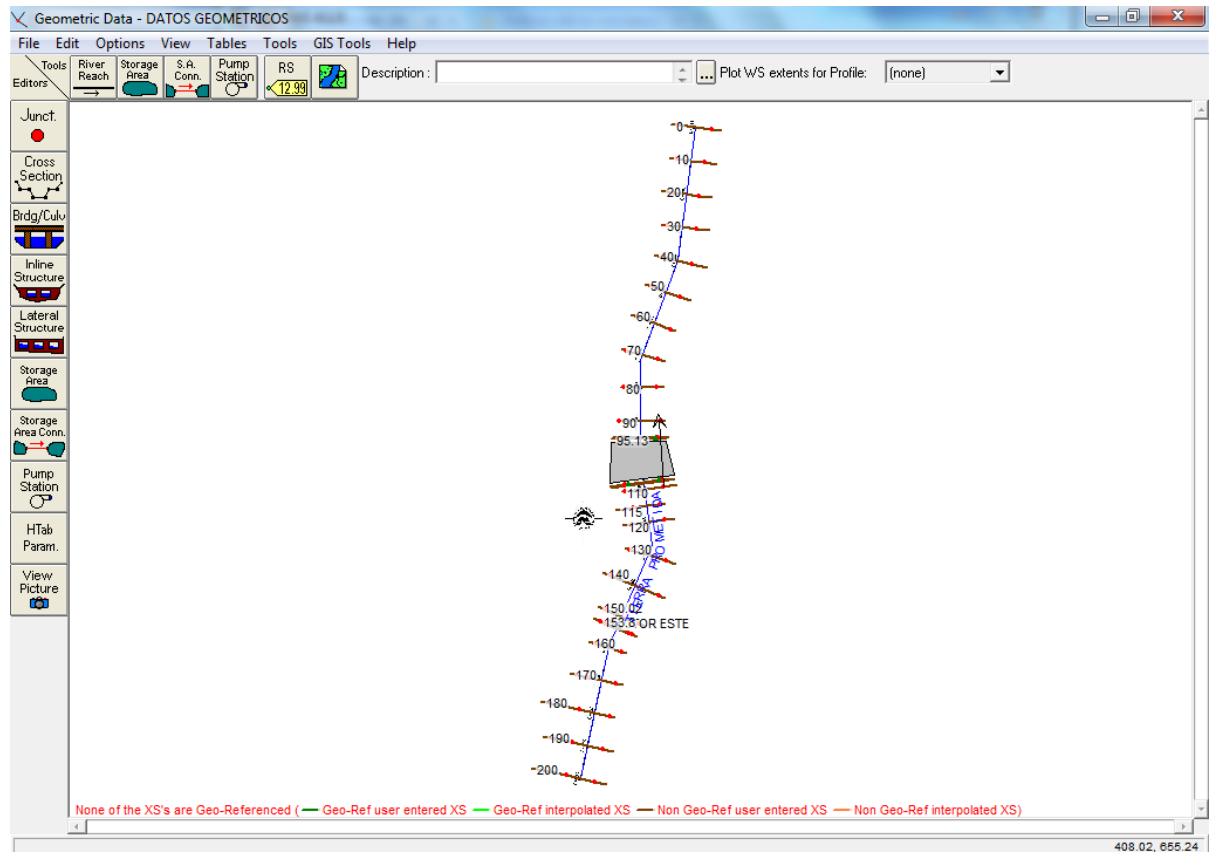
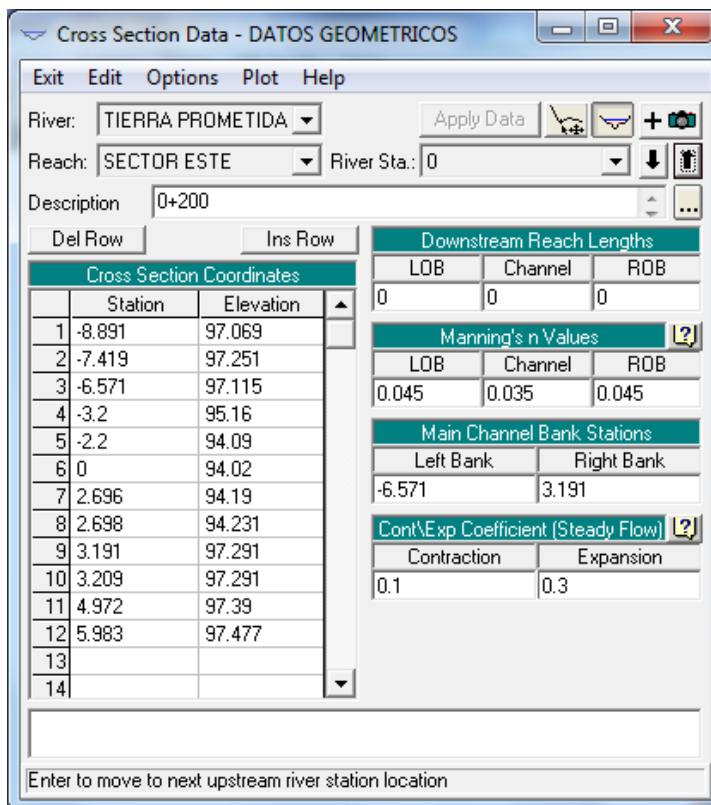


Figura 55 - Esquema del cauce.

Subsiguientemente se crean las secciones transversales del cauce en el menú “Cross Section” y se ingresan los datos geométricos.

Para introducir la primera sección transversal, se selecciona options/add a new – Croos Section. A cada sección se le asigna un número que identifica su ubicación con respecto a las demás, se orienta de forma aguas abajo hacia aguas arriba, de manera que la estación 0+000 corresponderá al número 200 y la 0+200 a la sección 0.



Cross Section Data - DATOS GEOMETRICOS

Exit Edit Options Plot Help

River: TIERRA PROMETIDA Apply Data

Reach: SECTOR ESTE River Sta.: 0

Description: 0+200

Del Row Ins Row

Cross Section Coordinates		
	Station	Elevation
1	-8.891	97.069
2	-7.419	97.251
3	-6.571	97.115
4	-3.2	95.16
5	-2.2	94.09
6	0	94.02
7	2.696	94.19
8	2.698	94.231
9	3.191	97.291
10	3.209	97.291
11	4.972	97.39
12	5.983	97.477
13		
14		

Downstream Reach Lengths

LOB	Channel	ROB
0	0	0

Manning's n Values

LOB	Channel	ROB
0.045	0.035	0.045

Main Channel Bank Stations

Left Bank	Right Bank
-6.571	3.191

Cont/Exp Coefficient (Steady Flow)

Contraction	Expansion
0.1	0.3

Enter to move to next upstream river station location

Figura 56 - Datos geométricos.

4.4.2 VALORES DE MANNING.

Los valores del número de Manning (**Tabla 25**), se calculan usando la tabla (**Anexo G**) y los factores de corrección de Cowan.

En las zonas de las bancas se usara el valor de:

n_0	0.030	Para Corrientes Naturales; Planicie de inundación; Pastizales sin matorrales; pasto corto
n_1	0	Grado de Irregularidad: Despreciable.
n_2	0.005	Variación de las secciones a lo largo del cauce: Alternándose gradualmente.
n_3	0	Efecto relativo de las obstrucciones: Despreciable.
n_4	0.005	Densidad de Vegetación: Baja.
m	1	Frecuencia de Meandro: Despreciable.
TOTAL	0.04	$(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m$

En las zonas del canal se usara el valor de:

n_0	0.030	Para Corrientes Naturales; Corrientes Menores; Corrientes en planicie; Limpias Rectas Sin Montículos ni pozos profundos.
n_1	0	Grado de Irregularidad: Despreciable.
n_2	0.005	Variación de las secciones a lo largo del cauce: Alternándose gradualmente.
n_3	0	Efecto relativo de las obstrucciones: Despreciable.
n_4	0	Densidad de Vegetación: Despreciable.
m	1	Frecuencia de Meandro: Despreciable.
TOTAL	0.035	$(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m$

Finalmente en la zona de las gradas de concreto se usara 0.013.

Tabla 25 - Números de manning del modelo hidráulico.

Edit Manning's n or k Values

River: TIERRA PROMETIDA ☐ Edit Interpolated XS's

Reach: SECTOR ESTE All Regions

Channel n Values have a light green background

Selected Area Edit Options:

Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

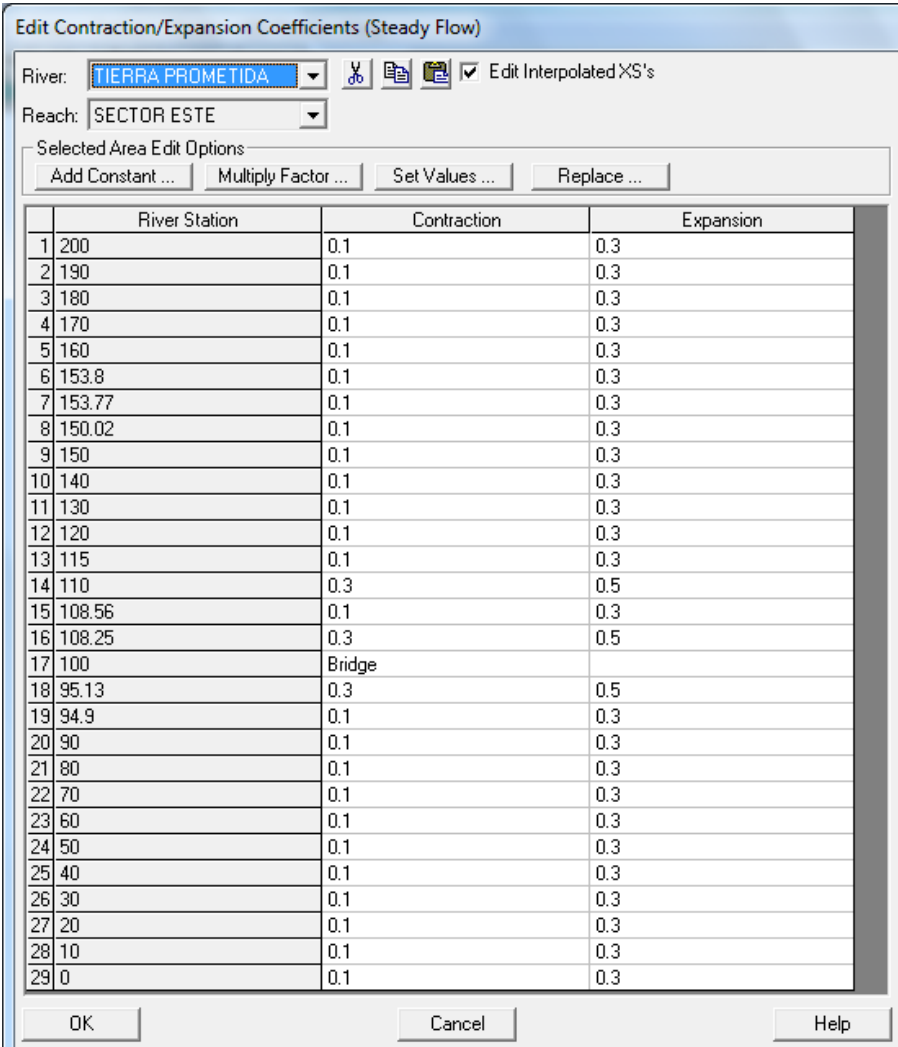
River Station	Frcn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 200	n	0.04	0.035	0.04
2 190	n	0.04	0.035	0.04
3 180	n	0.04	0.035	0.04
4 170	n	0.04	0.035	0.04
5 160	n	0.04	0.035	0.04
6 153.8	n	0.04	0.013	0.04
7 153.77	n	0.04	0.013	0.04
8 150.02	n	0.04	0.013	0.04
9 150	n	0.04	0.013	0.04
10 140	n	0.04	0.035	0.04
11 130	n	0.04	0.035	0.04
12 120	n	0.04	0.035	0.04
13 115	n	0.04	0.035	0.04
14 110	n	0.04	0.035	0.04
15 108.56	n	0.04	0.035	0.04
16 108.25	n	0.04	0.035	0.04
17 100	Bridge			
18 95.13	n	0.04	0.035	0.04
19 94.9	n	0.04	0.035	0.04
20 90	n	0.04	0.035	0.04
21 80	n	0.04	0.035	0.04
22 70	n	0.04	0.035	0.04
23 60	n	0.04	0.035	0.04
24 50	n	0.04	0.035	0.04
25 40	n	0.04	0.035	0.04
26 30	n	0.04	0.035	0.04
27 20	n	0.04	0.035	0.04
28 10	n	0.04	0.035	0.04
29 0	n	0.04	0.035	0.04

OK Cancel Help

4.4.3 COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN.

Los coeficientes de contracción y expansión a utilizar son 0.1 y 0.3 que corresponden al valor mínimo debido a la forma del cauce. En las secciones adyacentes al tablero-vía se incrementaran a 0.3 (por contracción) y 0.5 (por expansión) para representar las pérdidas de energía, los valores se plasman en la **Tabla 26**.


Tabla 26 - Coeficientes de contracción y expansión del modelo hidráulico.



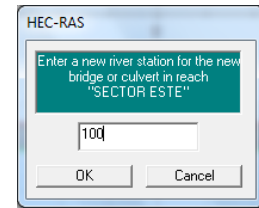
	River Station	Contraction	Expansion
1	200	0.1	0.3
2	190	0.1	0.3
3	180	0.1	0.3
4	170	0.1	0.3
5	160	0.1	0.3
6	153.8	0.1	0.3
7	153.77	0.1	0.3
8	150.02	0.1	0.3
9	150	0.1	0.3
10	140	0.1	0.3
11	130	0.1	0.3
12	120	0.1	0.3
13	115	0.1	0.3
14	110	0.3	0.5
15	108.56	0.1	0.3
16	108.25	0.3	0.5
17	100	Bridge	
18	95.13	0.3	0.5
19	94.9	0.1	0.3
20	90	0.1	0.3
21	80	0.1	0.3
22	70	0.1	0.3
23	60	0.1	0.3
24	50	0.1	0.3
25	40	0.1	0.3
26	30	0.1	0.3
27	20	0.1	0.3
28	10	0.1	0.3
29	0	0.1	0.3

4.4.4 INGRESO DE LOS DATOS GEOMETRICOS DEL PUENTE.



En la ventana Geometric Data se selecciona el botón  esto activa la ventana Bridged culver Data. Para crear un nuevo puente se ejecuta la orden

“Options”/ “Add a Bridged and/or Culvert”, con esto emerge una ventana donde se ingresa la estación donde se ubicará el puente.



4.4.5 TABLERO DEL PUENTE.



En la ventana “Bridge Culvert Data”, se selecciona el icono el cual activa el editor de puentes y alcantarillas.

- En el cuadro de Distance (distancia) se ingresa el valor de 1 metro, que es la distancia entre el tablero y la sección aguas arriba del puente (sección 3).
- En el campo Width (ancho) se ingresa 11.12 que es el ancho del tablero del puente.
- En el campo Weir Coef (coeficiente de vertedero), se introduce el valor de 1.44 recomendado en el capítulo 6 del Manual de referencia hidráulica de HEC RAS. Este coeficiente es usado en tableros típicos de puentes.

La sección central de Deck/Roadway Data Editor, está compuesta de columnas para ingresar la estación (station), elevaciones superiores (high chord) e inferiores (low chord) del tablero del puente, tanto para los extremos aguas arriba (upstream sección 3-3) como aguas abajo (downstream sección 2-2). Los datos se ingresan de izquierda a derecha en el estacionamiento y determinan el área entre la cuerda superior e inferior de la estructura del puente.

Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
1	11.12	1.44

Upstream				Downstream			
	Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord	
1	-10.	99.564		-10.	99.564		
2	-4.027	99.564	98.954	-4.054	99.564	98.954	
3	5.313	99.564	98.954	5.287	99.564	98.954	
4	10.	99.564		10.	99.564		
5							
6							
7							
8							

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway. (m)

Figura 57 - Editor del tablero del puente.

4.4.6 ESTRIBOS DEL PUENTE.

Para crear los estribos del puente desde la ventana “Bridge Culvert Data”, se



selecciona el icono “Sloping Abutment Data Editor”. Se crea el primer estribo correspondiente al lado izquierdo (#1) y en la zona central se colocan la estación de izquierda a derecha con sus respectivas elevaciones para la sección aguas arriba como aguas abajo. Del mismo modo se crea el estribo derecho (#2) al hacer clic en el botón Add.

Sloping Abutment Data Editor

Add Copy Delete Abutment # 1 ↓ ↑

Del Row Ins Row

	Upstream		Downstream		
	Station	Elevation	Station	Elevation	
1	-4.027	98.529	-4.054	98.529	
2	-3.395	95.37	-3.391	95.215	
3					
4					
5					
6					
7					

Select Abutment to Edit

Sloping Abutment Data Editor

Add Copy Delete Abutment # 2 ↓ ↑

Del Row Ins Row

	Upstream		Downstream		
	Station	Elevation	Station	Elevation	
1	4.681	95.37	4.624	95.22	
2	5.313	98.529	5.287	98.529	
3					
4					
5					
6					
7					

Select Abutment to Edit

Figura 58 - Ingreso de datos de los estribos.

Para la selección del método de cálculo en flujos bajos hay que tomar en cuenta que las pérdidas de energía son ocasionadas en su mayoría por fricción en los estribos, hay que destacar que el puente carece de pilas por lo que la ecuación de energía resulta ser la más adecuada.

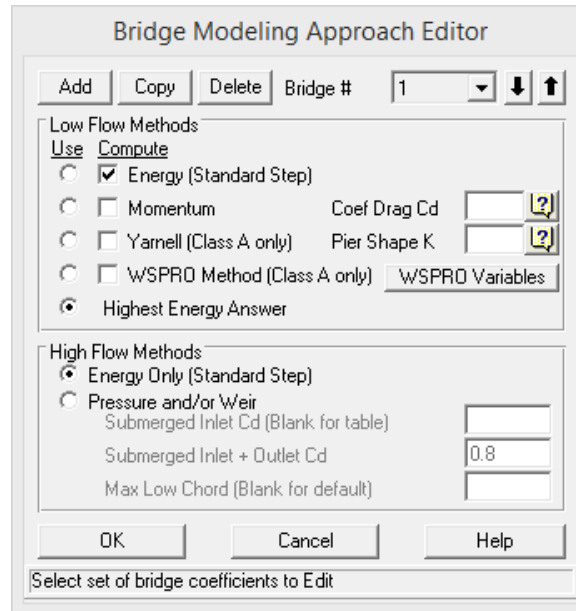


Figura 59 - Selección del método de cálculo en la zona del puente.

4.4.7 INGRESO DE PARAMETROS HIDRAULICOS.

Se ingresa el modelo de los datos de caudales (**Figura 60**) correspondientes a 50.7 m³/s para un período de retorno de 25 años, 57.9 m³/s para un tiempo de retorno de 50 años y 64.7 m³/s para un período de retorno de 100 años; así como los caudales generados por las tormentas del Huracán Irene (19.7 m³/s), Huracán Joan (27.3 m³/s) y Huracán Mitch (13.8 m³/s). Para el tramo único de cauce “TIERRA PROMETIDA SECTOR ESTE”.

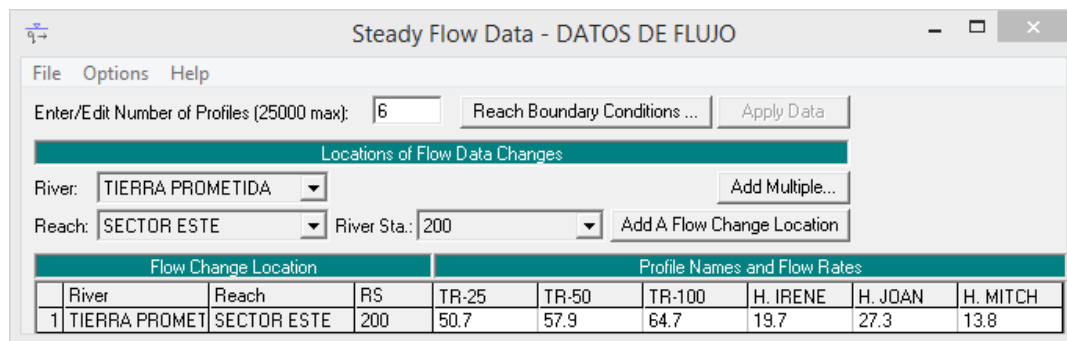


Figura 60 - Datos de flujo.

Dado que el modelo hidráulico se calculará como un régimen mixto por la presencia de gradas en la zona aguas arriba del puente se determina condiciones de contorno, aguas arriba (upstream) y aguas abajo (downstream).

En estas condiciones de contorno se pueden ingresar datos conocidos de superficie de agua, así como profundidades críticas, para el presente estudio no se cuenta con dichos datos, por lo que se ingresa la pendiente del cauce aguas arriba 0.4% (0.004 m/m) , así como aguas abajo 2.1% (0.021 m/m).

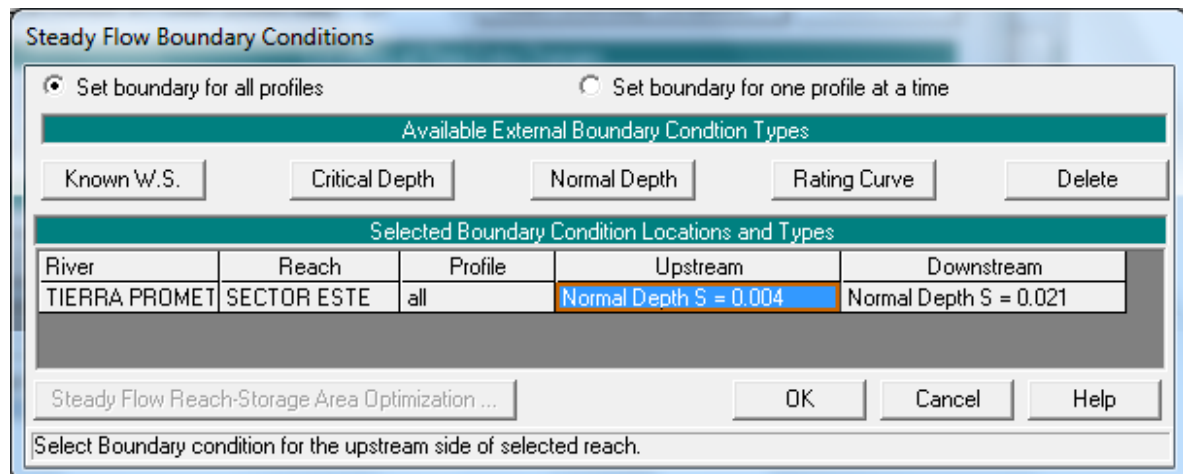


Figura 61 - Ingreso de condiciones de contorno.

4.4.8 CREACION Y EJECUCION DEL PLAN.

Para realizar la simulación hidráulica se precisa de un plan; donde se especifica el régimen de flujo mixto, así como los datos geométricos y datos de flujo.

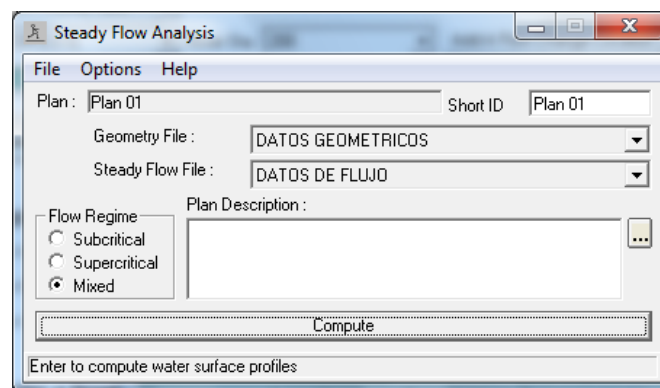


Figura 62 - Creación y ejecución del plan.

A su vez se realizar la calibración del modelo en el menú opciones para que determine la profundidad crítica en todo el análisis, y realice el máximo de número de iteraciones.

Posteriormente se clikea el botón Compute para realizar la ejecución del modelo.

4.4.9 RESULTADOS DEL MODELO HIDRAULICO.

La evaluación del modelo hidráulico genera como resultado el perfil que se muestra en la **Figura 63**; se observa la superficie de agua, línea de energía y línea de profundidad crítica para el período de retorno de 50 años (los resultados del período de retorno de 100 años se muestra en el **Anexo H**).

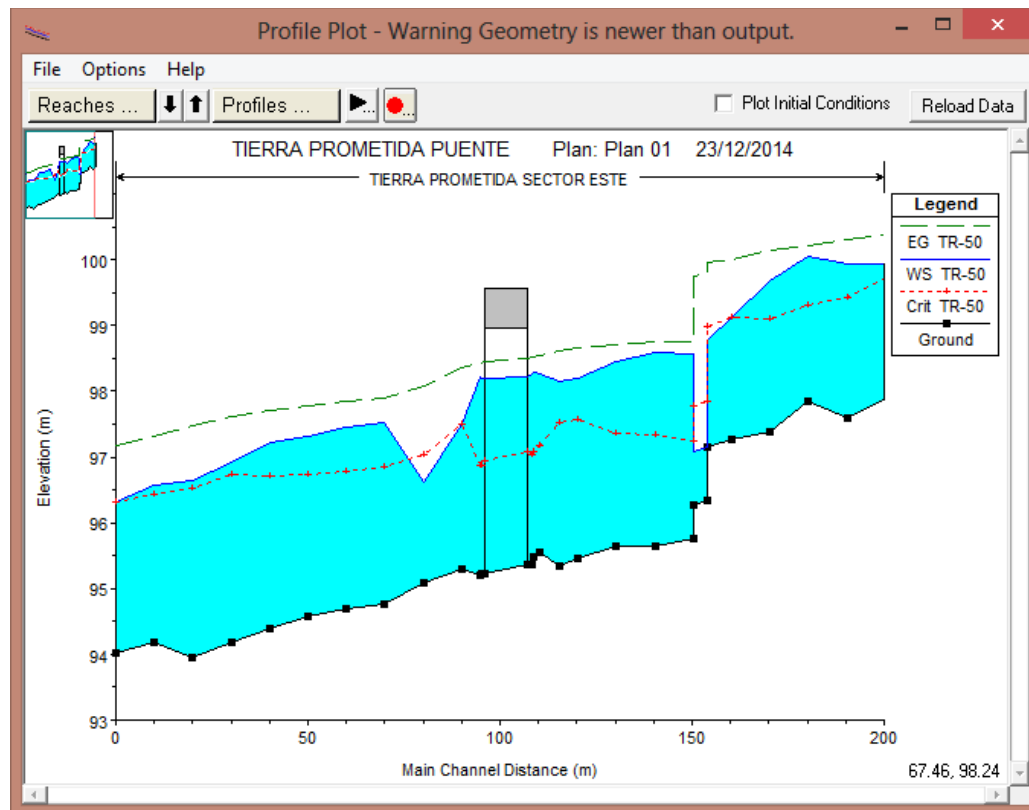


Figura 63 - Perfil del cauce (TR-50).

Se muestra la sección aguas arriba del puente (**Figura 64**) y aguas abajo (**Figura 65**); se observa que se cuenta con la altura necesaria para conducir el caudal sin que exista flujos altos que puedan afectar el tablero, a su vez se muestra en la **Tabla 27** el resumen de los resultados del análisis del puente

donde se corrobora que la elevación de agua de 98.26 msnm que es lo suficientemente menor para que no exista ni flujo bajo compuerta (98.95 msnm), ni flujo en vertedero (99.57 msnm).

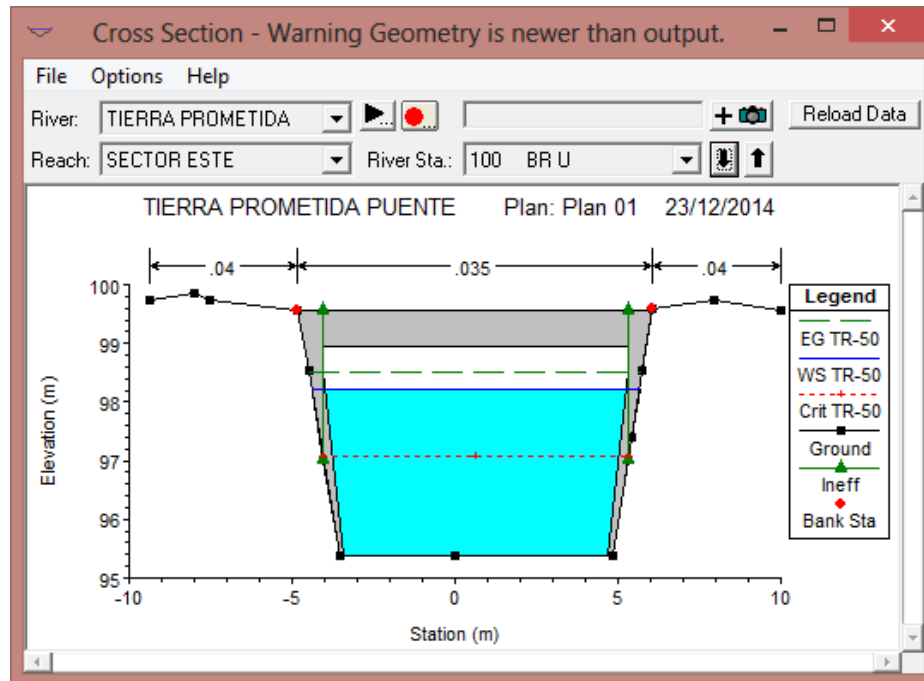


Figura 64 - Sección aguas arriba del puente (TR-50).

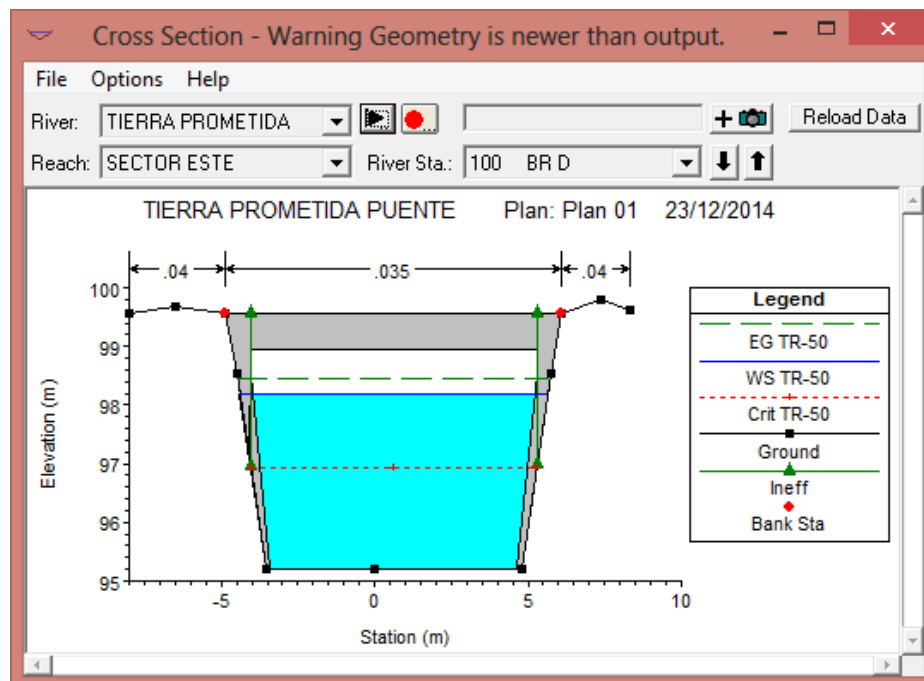


Figura 65 - Sección aguas abajo del puente (TR-50).

Tabla 27 - Resumen de resultado del puente Tierra Prometida (TR-50).

Bridge Output				
File Type Options Help				
River:	TIERRA PROMETIDA	Profile:	TR-50	
Reach:	SECTOR ESTE	RS:	100	Plan: Plan 01
Plan: Plan 01 TIERRA PROMETIDA SECTOR ESTE RS: 100 Profile: TR-50				
E.G. US. (m)	98.51	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	98.26	E.G. Elev (m)	98.50	98.45
Q Total (m ³ /s)	57.90	W.S. Elev (m)	98.22	98.19
Q Bridge (m ³ /s)	57.90	Crit W.S. (m)	97.08	96.93
Q Weir (m ³ /s)		Max Chl Dpth (m)	2.85	2.98
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.35	2.26
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m ²)	24.63	25.64
Weir Submerg		Froude # Chl	0.46	0.43
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	48.17	50.61
Min El Weir Flow (m)	99.57	Hydr Depth (m)	2.67	2.78
Min El Prs (m)	98.95	W.P. Total (m)	15.11	15.31
Delta EG (m)	0.08	Conv. Total (m ³ /s)	974.6	1033.2
Delta WS (m)	0.06	Top Width (m)	9.26	9.26
BR Open Area (m ²)	31.48	Frctn Loss (m)	0.04	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.35	C & E Loss (m)	0.01	0.01
Coef of Q		Shear Total (N/m ²)	56.41	51.58
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	-448.86	-381.98
Errors, Warnings and Notes				
Elevation where weir flow begins.				

Así mismo se muestra en la **Tabla 28** el resumen de los resultados para cada sección, donde se detallan en las columnas el caudal, elevación mínima del canal, elevación de agua, la altura crítica, altura de la línea de energía y pendiente, velocidad en el canal, área hidráulica, ancho de la superficie de agua, y número de Froude.

Tabla 28 - Resumen de los resultados para cada sección (TR-50).

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: TIERRA PROMETIDA Reach: SECTOR ESTE Profile: TR-50												Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
SECTOR ESTE	200	TR-50	57.90	97.87	99.94	99.70	100.38	0.006363	3.08	21.49	18.35	0.69
SECTOR ESTE	190	TR-50	57.90	97.59	99.93	99.41	100.31	0.004842	2.79	22.50	16.61	0.61
SECTOR ESTE	180	TR-50	57.90	97.84	100.04	99.30	100.21	0.002297	2.00	32.98	19.98	0.44
SECTOR ESTE	170	TR-50	57.90	97.38	99.69	99.10	100.15	0.006469	3.01	19.25	8.59	0.64
SECTOR ESTE	160	TR-50	57.90	97.26	99.13	99.13	100.01	0.015750	4.15	13.94	8.03	1.01
SECTOR ESTE	153.8	TR-50	57.90	97.15	98.77	98.98	99.95	0.003292	4.80	12.06	7.52	1.21
SECTOR ESTE	153.77	TR-50	57.90	96.35	97.15	97.85	99.80	0.014327	7.21	8.03	10.02	2.57
SECTOR ESTE	150.02	TR-50	57.90	96.28	97.08	97.78	99.74	0.014436	7.23	8.01	10.04	2.58
SECTOR ESTE	150	TR-50	57.90	95.76	98.56	97.25	98.76	0.000292	1.98	29.21	10.76	0.38
SECTOR ESTE	140	TR-50	57.90	95.65	98.59	97.35	98.74	0.001514	1.72	33.63	15.00	0.37
SECTOR ESTE	130	TR-50	57.90	95.65	98.45	97.35	98.71	0.002913	2.25	25.70	10.44	0.46
SECTOR ESTE	120	TR-50	57.90	95.45	98.20	97.56	98.65	0.006103	2.96	19.55	9.03	0.64
SECTOR ESTE	115	TR-50	57.90	95.35	98.16	97.52	98.62	0.005740	3.03	19.61	9.45	0.62
SECTOR ESTE	110	TR-50	57.90	95.54	98.27	97.16	98.54	0.003079	2.27	25.49	10.48	0.46
SECTOR ESTE	108.56	TR-50	57.90	95.49	98.29	97.08	98.52	0.002439	2.12	27.27	10.54	0.42
SECTOR ESTE	108.25	TR-50	57.90	95.37	98.26	97.03	98.51	0.002055	2.21	26.24	10.07	0.42
SECTOR ESTE	100		Bridge									
SECTOR ESTE	95.13	TR-50	57.90	95.21	98.20	96.88	98.44	0.001908	2.14	27.00	10.05	0.40
SECTOR ESTE	94.9	TR-50	57.90	95.21	98.21	96.86	98.43	0.002293	2.09	27.68	10.03	0.40
SECTOR ESTE	90	TR-50	57.90	95.29	97.49	97.49	98.35	0.014112	4.09	14.17	8.41	1.01
SECTOR ESTE	80	TR-50	57.90	95.08	96.62	97.03	98.07	0.034023	5.33	10.86	9.09	1.56
SECTOR ESTE	70	TR-50	57.90	94.76	97.51	96.84	97.90	0.004945	2.76	21.00	9.73	0.60
SECTOR ESTE	60	TR-50	57.90	94.70	97.45	96.79	97.85	0.005548	2.80	20.69	9.88	0.62
SECTOR ESTE	50	TR-50	57.90	94.57	97.31	96.74	97.78	0.006338	3.05	18.98	8.54	0.65
SECTOR ESTE	40	TR-50	57.90	94.40	97.22	96.71	97.71	0.006722	3.11	18.59	8.63	0.68
SECTOR ESTE	30	TR-50	57.90	94.19	96.91	96.73	97.61	0.011525	3.70	15.65	8.54	0.87
SECTOR ESTE	20	TR-50	57.90	93.94	96.64	96.52	97.47	0.013585	4.05	14.30	7.34	0.93
SECTOR ESTE	10	TR-50	57.90	94.18	96.58	96.43	97.31	0.011841	3.79	15.27	8.26	0.89
SECTOR ESTE	0	TR-50	57.90	94.02	96.30	96.30	97.17	0.014672	4.12	14.04	8.21	1.01
Total flow in cross section.												

Los resultados de la línea de energía, elevación de agua y profundidad crítica de cada sección transversal, son representados de manera gráfica en las **Figuras 66, 67, 68 y 69** con el caudal calculado para el período de diseño de 50 años.

Nótese en la **Figura 66**, que entre las secciones 0+000, 0+010 y 0+020 se produce inundación en la banca izquierda, por lo que se propone la instalación de un muro de gaviones de 29 metros lineales (**Anexo K**).

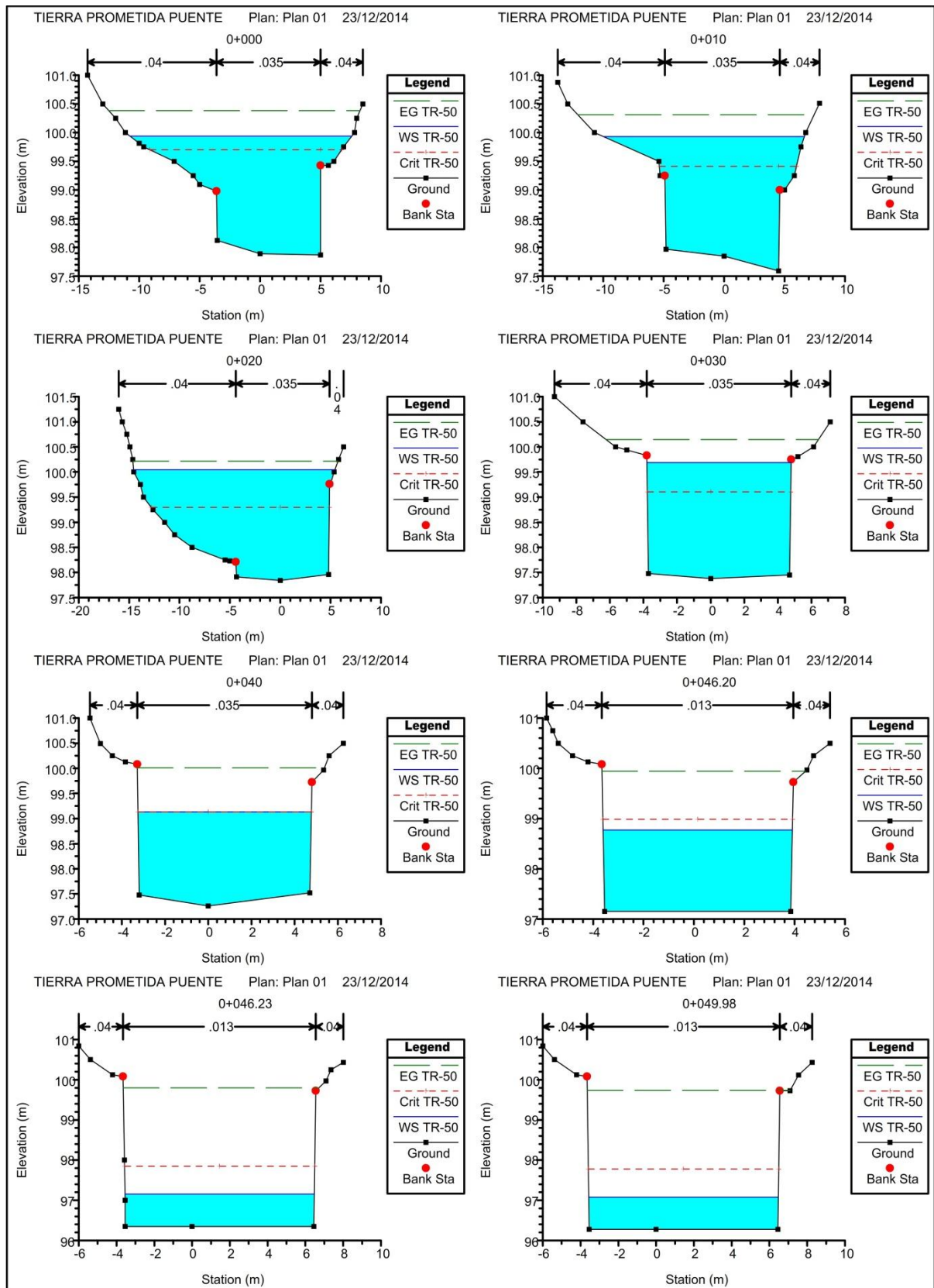


Figura 66 - Secciones aguas arriba desde 0+000 hasta 0+049.98 (TR-50).

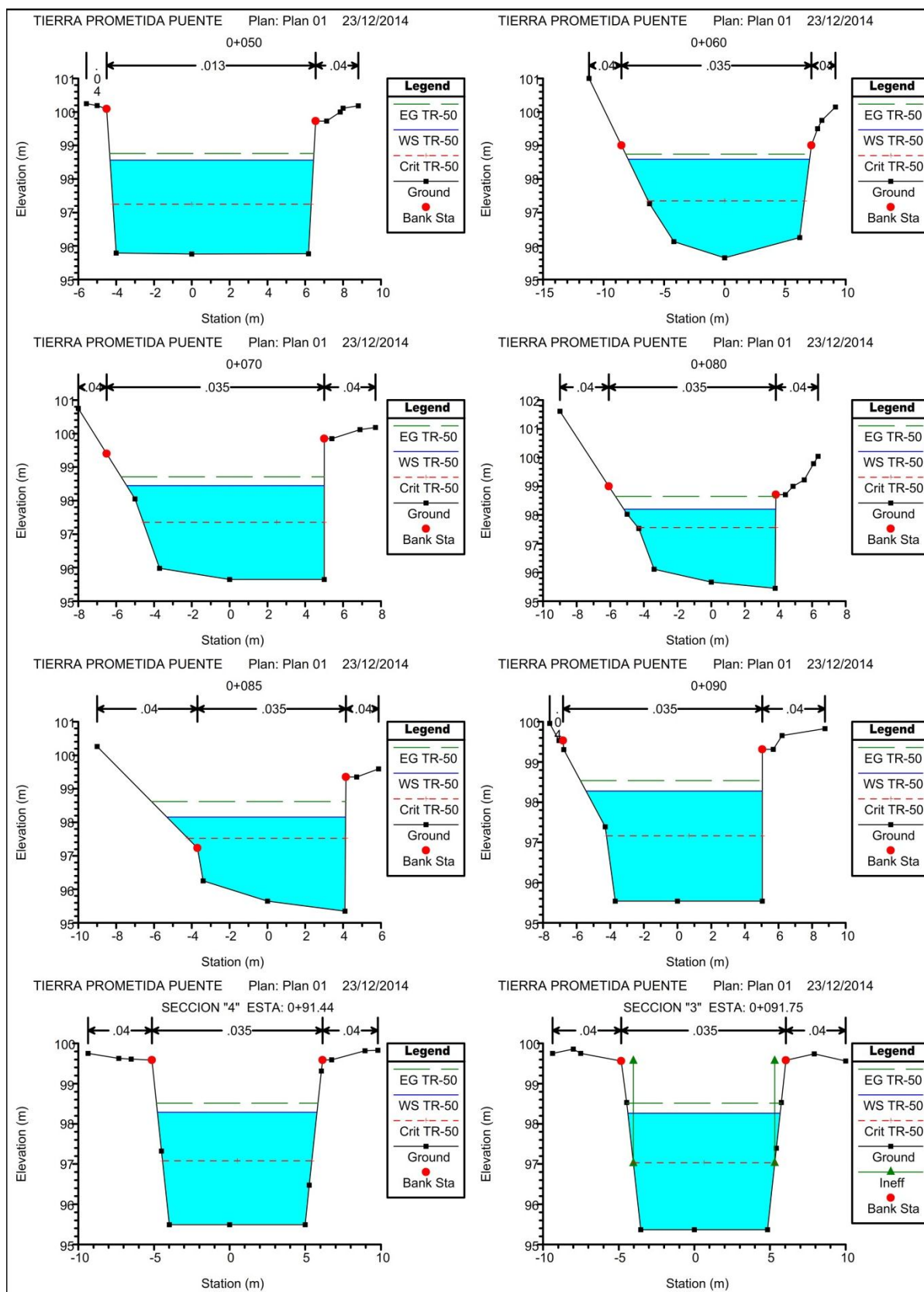


Figura 67 - Secciones aguas arriba desde 0+050 hasta 0+091.75 (TR-50).

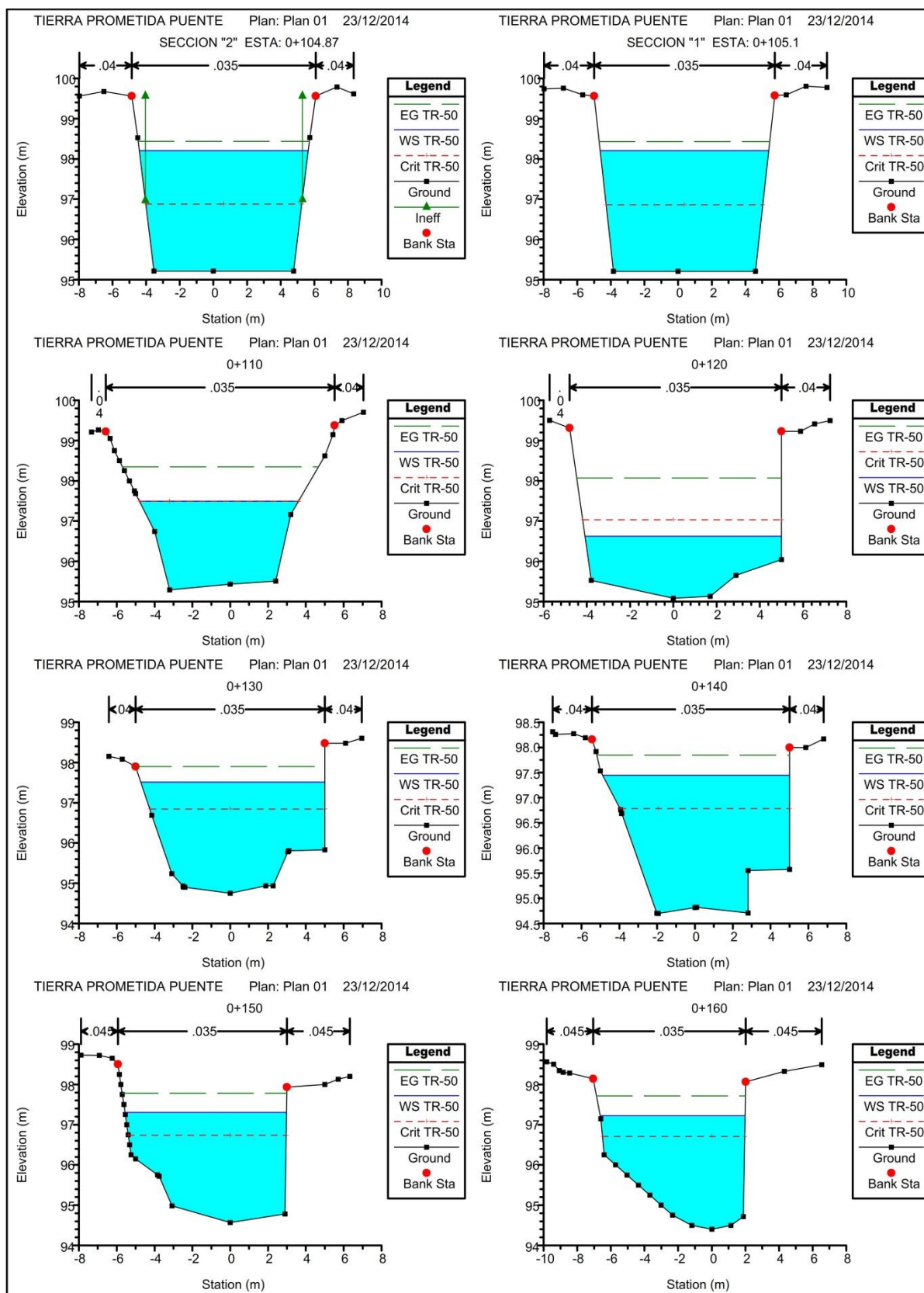


Figura 68 -Secciones aguas abajo desde 0+104.87 hasta 0+160 (TR-50).

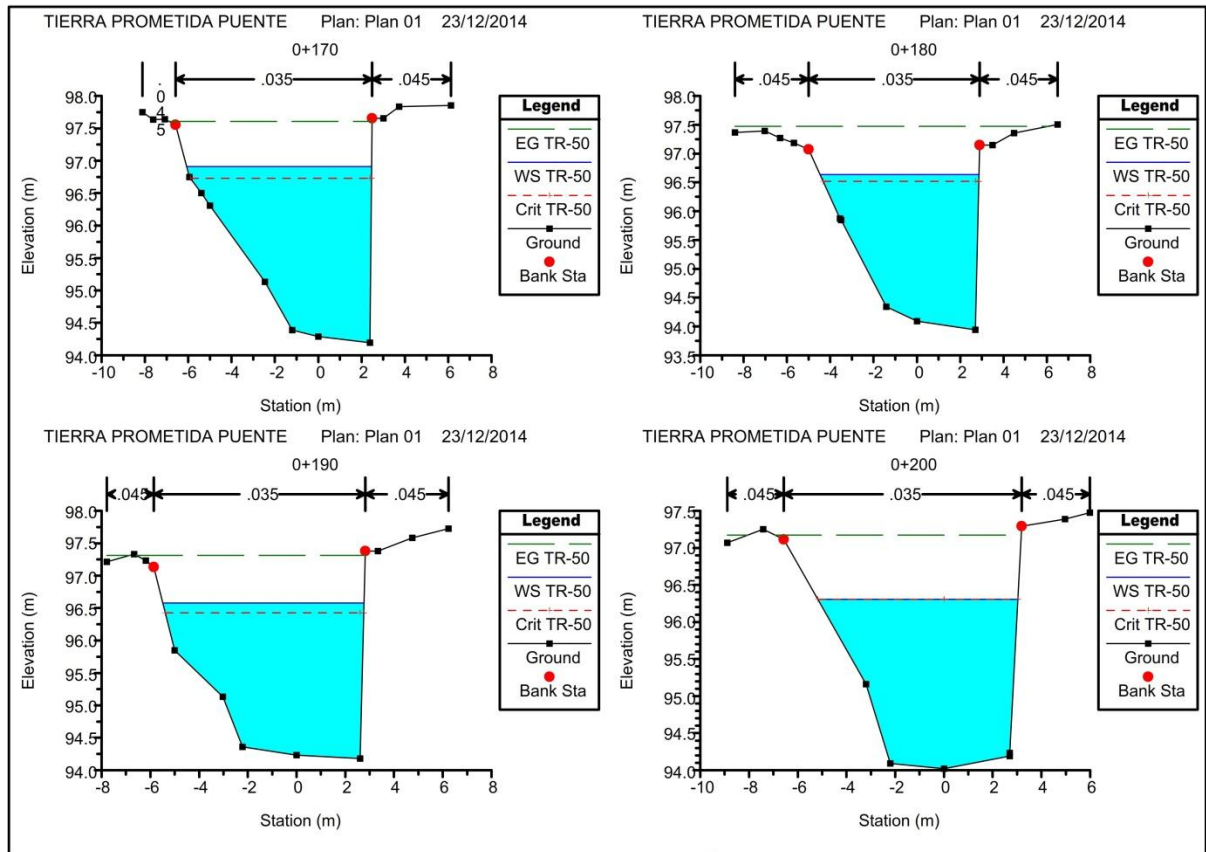


Figura 69 - Secciones aguas abajo desde 0+160 hasta 0+200 (TR-50).

Finalmente se muestra una imagen tridimensional del cauce.

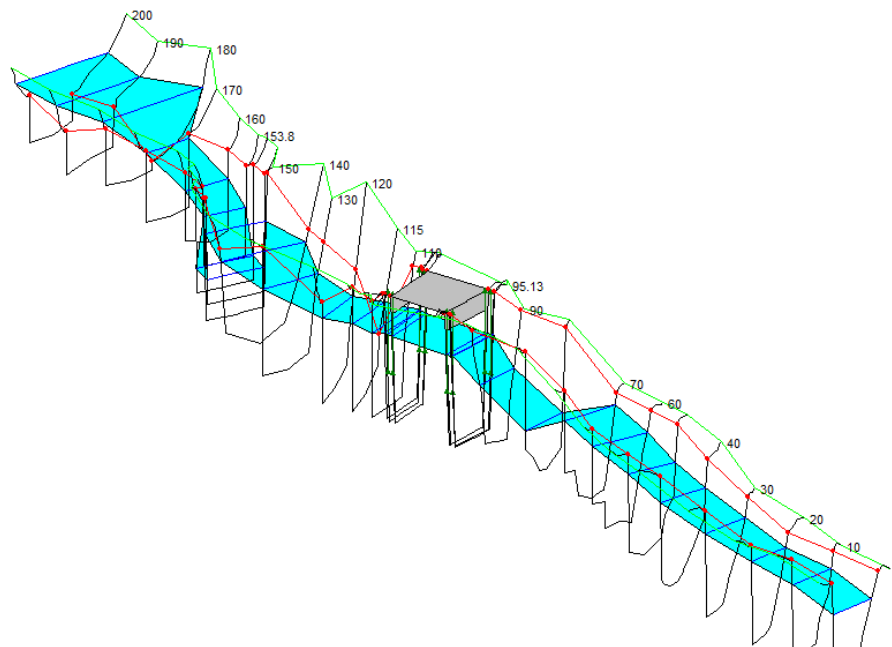


Figura 70 - Vista tridimensional del cauce (TR-50).

En la **Tabla 29** se muestran los resultados de borde libre en la sección aguas arriba del puente para los caudales determinados en la modelación hidrológica.

Tabla 29 - Borde libre.

Descripción del Uso de Suelo	Evento	Caudal (m ³ /s)	Borde Libre (m)
Uso de Suelo Actual	TR = 25 años	50.7	0.90
	TR = 50 años	57.9	0.70
	TR = 100 años	64.7	0.50
	Huracán Irene	19.7	2.03
	Huracán Joan	27.3	1.70
	Huracán Mitch	13.8	2.32
Uso de Suelo Proyectado	TR = 25 años	58.3	0.67
	TR = 50 años	65.3	0.49
	TR = 100 años	72.0	0.34

4.5 ANÁLISIS DE SOCAVACION CON HEC-RAS.

4.5.1 SOCAVACION POR CONTRACCIÓN.

El cálculo de la socavación en el puente se realiza en la ventana Hydraulic Design – Bridge Scour para un período de retorno de 50 años. El software automáticamente extrae los datos necesarios del análisis hidráulico (**Figura 71**).

- (Y1) Profundidad media del flujo en el canal en la sección próxima al puente aguas arriba, 2.59 m.
- (V1) Velocidad en la sección próxima, 2.12 m/s.
- (Y0) Profundidad media del flujo antes de la socavación, 2.67 m.
- (Q2) Caudal en la sección contraída, 57.90 m³/s.
- (W2) Ancho de la superficie de Agua en la sección contraída, 9.22 m.

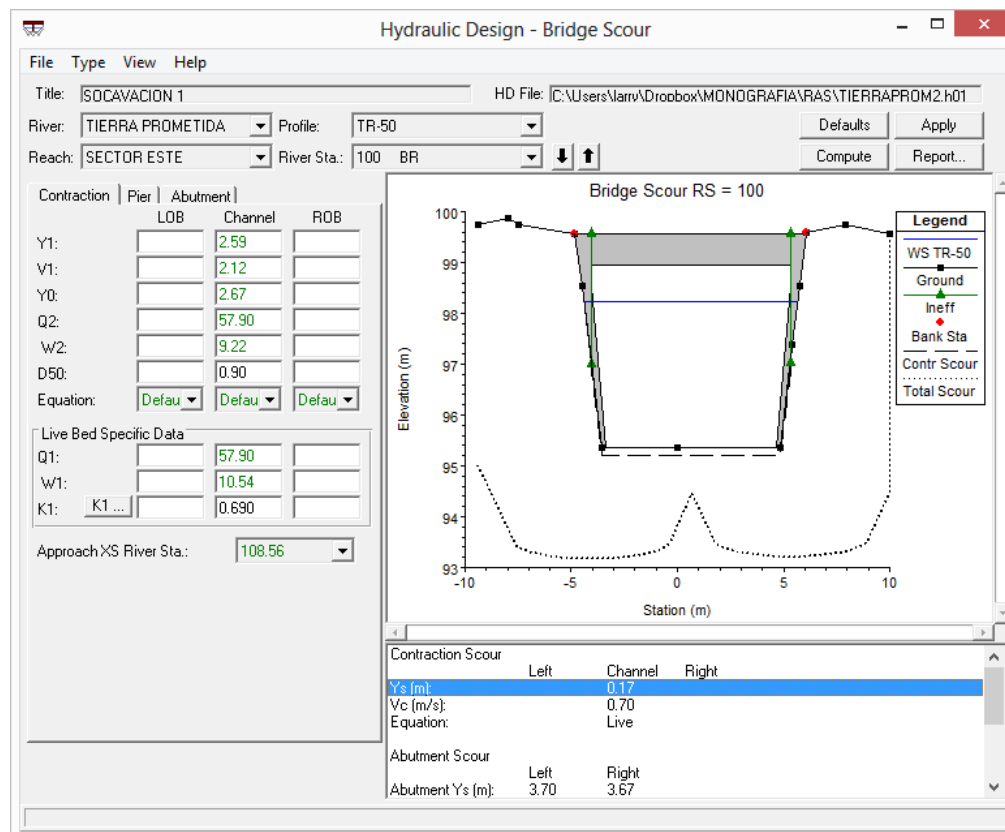


Figura 71 - Socavación en el puente: Socavación por contracción.

En la casilla correspondiente al diámetro de 50 (D50) se introduce el valor 0.90 milímetros que resulta del análisis granulométrico (**Anexo I**).

La velocidad crítica calculada es de 0.70 m/s, menor que la velocidad en la sección próxima de 2.12 m/s; se utiliza la fórmula para lecho móvil. La profundidad de socavación por contracción resultante es 0.17 metros.

4.5.2 SOCAVACION LOCAL EN ESTRIBOS.

A su vez el software calcula la socavación causada por los estribos y de la misma manera determina automáticamente:

- (Toe sta at Bridge) Estación al pie del estribo: -4.04 para el estribo izquierdo y 5.32 para el estribo derecho.
- (Toe sta at App) Proyección del pie del estribo en la sección próxima: -4.34 para estribo izquierdo y 5.41 para el estribo derecho.
- (Length) Longitud de la proyección del pie del estribo hasta el límite de agua en la sección Inmediata aguas arriba del puente: 0.74 m para estribo izquierdo y 0.69 m para estribo derecho.
- (Y1) Profundidad al pie del estribo en la sección inmediata aguas arriba: 1.23 m para el estribo izquierdo y 1.21 m para el estribo derecho.

El factor de corrección por forma del estribo (K_1) es de 0.55 para estribos con pared inclinada (**Tabla 3**), el ángulo de ataque del flujo es de 90 grado aproximadamente por lo que el factor de corrección (K_2) es igual a la unidad (**Figura 9**).

Como la relación entre longitud de la proyección y la profundidad al pie del estribo (Estribo izquierdo: $0.74\text{m} / 1.23\text{m} = 0.60$, Estribo derecho: $0.69\text{m} / 1.21\text{m} = 0.57$) es menor que 25; el programa selecciona la ecuación de Froelich, los datos son calculados automáticamente por el programa:

- (L') Longitud desde la proyección del pie del estribo hasta el límite de agua en la sección próxima, normal al flujo: 0.74 m para estribo izquierdo y 0.69 m para estribo derecho.
- (Y_a) Profundidad media del flujo en el área correspondiente al estribo, proyectada en la sección próxima: 2.59 m para estribo izquierdo y 2.59 m

para estribo derecho (cabe aclarar que esta profundidad se determina al dividir A_e entre L').

- (Q_e) Flujo correspondiente al estribo en la sección próxima del puente: $4.06 \text{ m}^3/\text{s}$ para el estribo izquierdo y $3.77 \text{ m}^3/\text{s}$ para el estribo.
- (A_e) Área de flujo correspondiente al estribo en la sección próxima al puente: 1.91 m^2 para el estribo izquierdo y 1.78 m^2 para el estribo derecho.

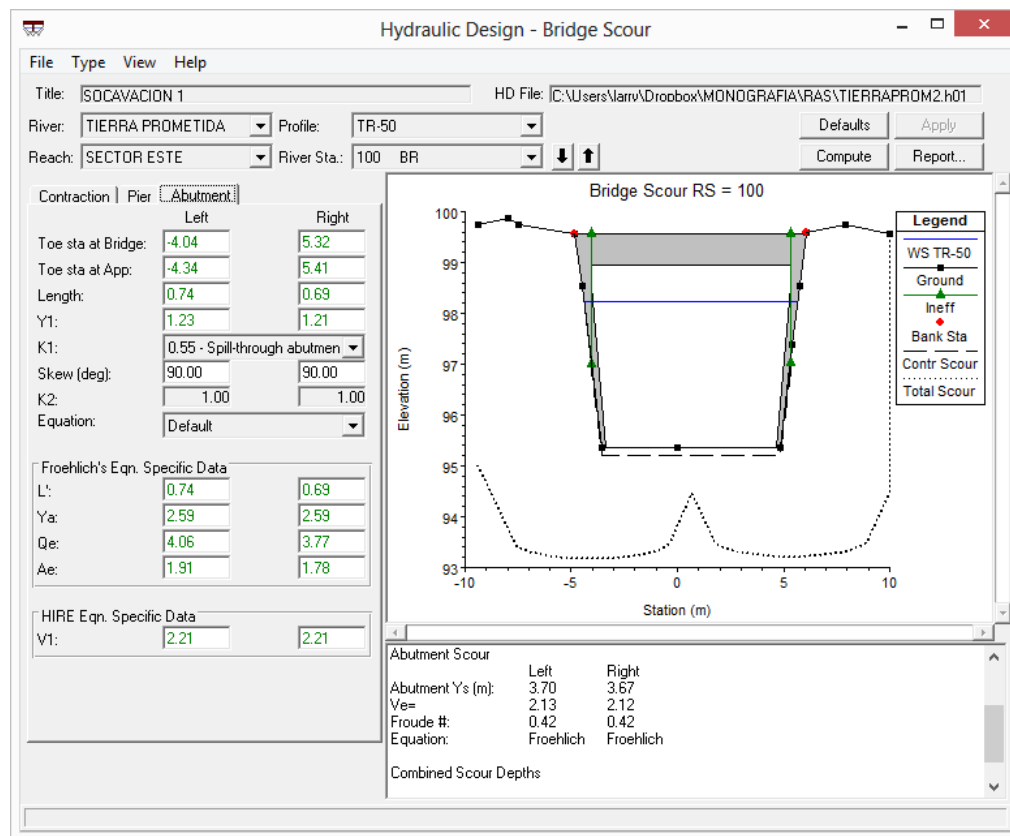


Figura 72 - Socavación en el puente: Socavación local en estribos.

Finalmente la profundidad de socavación local en estribo es igual a 3.70 m para el estribo izquierdo y 3.67 m para el estribo derecho. La profundidad de socavación combinada es: 3.87 m para el estribo izquierdo y 3.84 m para el estribo derecho.

La socavación total para los caudales determinados para los períodos de retornos y la tormenta máxima del Huracán Joan se muestra en la **Tabla 30**.

Tabla 30 - Resumen de socavación para diferentes caudales.

Condiciones de suelo de la cuenca.	Evento	Caudal (m ³ /s)	Socavación Total	
			Estribo Izquierdo (m)	Estribo Derecho (m)
Uso actual	Huracán Joan	27.3	2.54	2.52
	TR = 25 años	50.7	3.60	3.57
	TR = 50 años	57.9	3.87	3.84
	TR = 100 años	64.7	4.10	4.05
Proyección de suelo impermeable	TR = 25 años	58.3	3.89	3.86
	TR = 50 años	65.4	4.12	4.09
	TR = 100 años	72.0	4.33	4.29

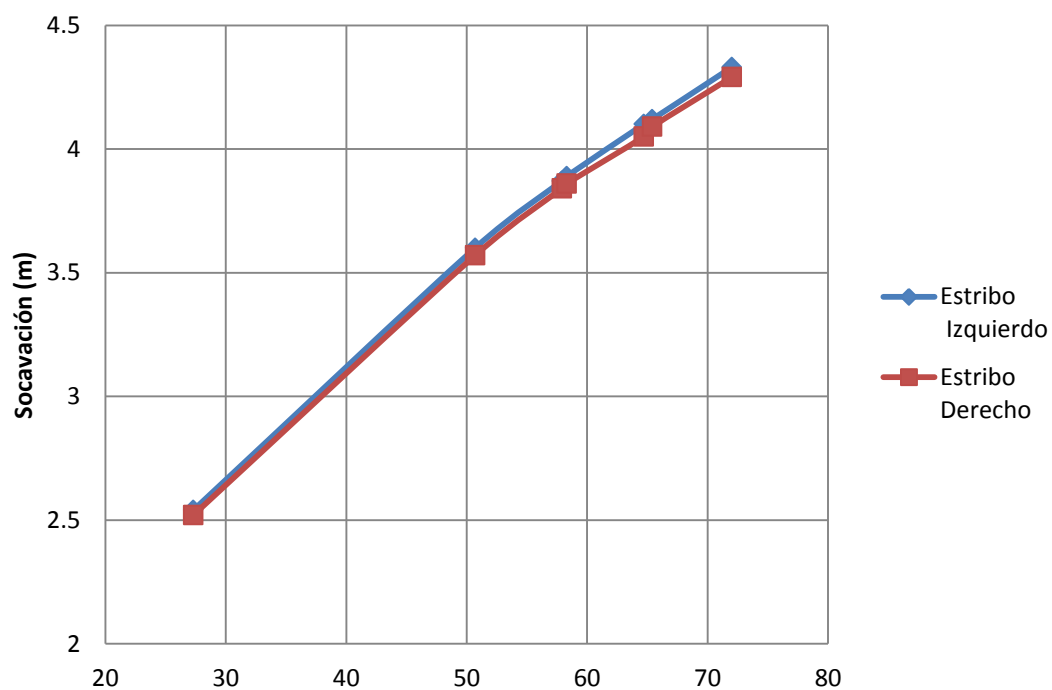


Figura 73 - Socavación total vs Caudal.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

1. La cuenca hidrográfica del Puente Tierra Prometida está ubicada sobre zona urbana de la Ciudad Managua; el área delimitada con el software ARCGIS 10.1 es 2.145 km², la longitud del perímetro 10.19 km y cauce principal 3.08 km de longitud.
2. Las características geomorfológicas de la cuenca muestran que es menos propensa a creciente debido a que el factor de forma de 0.226 representa un valor bajo, y el coeficiente de compacidad es 1.949 que es mayor a la unidad. La densidad de drenaje de 1.631 km/km² indica que la cuenca tiene respuesta rápida.
3. Los caudales obtenidos mediante el método de tránsito de avenidas en la variante de Muskingum en conjunto con el método de la Soil Conservation Service en el programa HEC-HMS v3.4 son:

Evento	Descripción de uso del suelo.	
	Suelo Actual	Proyección de suelo impermeable
TR = 25 años	50.7 m ³ /s	58.3 m ³ /s
TR = 50 años	57.9 m ³ /s	65.3 m ³ /s
TR = 100 años	64.7 m ³ /s	72.0 m ³ /s
Huracán Joan	27.3 m ³ /s	--

4. Los resultados de la modelación hidráulica reflejan que el puente tiene la capacidad necesaria para conducir los caudales determinados para períodos de retorno de 25, 50 y 100 años, para las condiciones de suelo actual así como una proyección de impermeabilización de la cuenca. La viga inferior aguas arriba del puente se encuentra 0.9 metros por encima del nivel de agua calculado para un caudal de 50.7 m³/s, y 0.34 metros en el caso más crítico para un caudal de 72.0 m³/s; este borde libre cumple con la normativa que establece el MTI en el “Manual Estudios

Hidrotécnicos de Drenaje Mayor” de 0.3 metros como mínimo, lo que permite la acción de oleaje y el paso de basuras.

5. El análisis hidráulico entre los tramos de cauce desde la estación 0+000 hasta la estación 0+030 se produce inundación en la banca izquierda.
6. Los resultados de la profundidad de socavación calculados en el programa HEC-RAS; mediante el Método de Laursen para la socavación por contracción, y el Método de Froehlich para la socavación local en los estribos; son de 4.10 metros en el estribo izquierdo y de 4.05 metros en el estribo derecho para un caudal $64.7 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondiente a un período de retorno de 100 años con uso de suelo en condiciones actuales, y 4.33 metros en el estribo izquierdo y 4.29 metros en el estribo derecho para un caudal de $72.0 \text{ m}^3/\text{s}$ en una proyección de la cuenca con suelo impermeable, esto pone en evidencia que el desplante de 1.34 metros propuesto en el diseño estructural no protege a la estructura ante una avenida.

5.2 RECOMENDACIONES.

1. Para obtener una mayor precisión en el cálculo del Número de Curva, se recomienda utilizar mapas de uso de suelo actualizados.
2. Mejorar el manejo de la cuenca hidrográfica con el fin de disminuir el impacto de una avenida, que ocasionaría mayor socavación, conservando y optimizando áreas verdes; y controlando el crecimiento no planificado de la zona urbana para impedir la impermeabilización del suelo.
3. Para proteger los estribos, se recomienda el revestimiento del fondo del cauce, con concreto ciclópeo, 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo del puente.
4. Se recomienda que en la zona aguas arriba del tablero del puente el borde inferior sea redondeado o achaflanado, con el fin de permitir el paso de ramas, troncos y basuras que puedan presentarse durante una avenida.
5. Sugerimos que las instituciones encargadas del drenaje pluvial de Managua, realicen aforos cuando se presenten los eventos con el fin de calibrar el modelo hidrológico, además de medir las profundidades de socavación en el puente provocadas por el efecto de erosión del agua.
6. Erigir muro de gaviones de 2 metros de altura, entre las estaciones 0+000 hasta la sección 0+013, de 1 metro de altura entre las estaciones 0+013 hasta la 0+030; y hacer un relleno con material selecto gris en la banca izquierda para evitar el desbordamiento.
7. Con el objetivo de evitar inundaciones en el invierno y garantizar la salud de los pobladores se recomienda implementar limpieza y mantenimiento del cauce esporádicamente para eliminar obstáculos que imposibiliten el flujo.

CAPITULO 6. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Corea y Asociados S.A. Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje mayor. Ministerio de Transporte e Infraestructura. Nicaragua, 2008.
- ✓ Dr. Néstor Javier Lanza Mejía. Análisis hidráulico de puente. Managua, 2012.
- ✓ Dr. Néstor Javier Lanza Mejía. Manual HEC – HMS. Managua, 2012.
- ✓ Dr. Néstor Javier Lanza Mejía. Manual HEC – RAS. Managua, 2012.
- ✓ Moreno Ayestas Sandra. Apuntes de hidrología de superficie. Universidad Nacional de Ingeniería, Printart Editores, Managua, 1994.
- ✓ Noguera García Cristian. Evaluación hidrotécnica del drenaje transversal del Puente San Gabriel, Municipio de Jinotega, Departamento de Jinotega. Managua, 2011.
- ✓ US Army Corps of Engineers. Hydrologic Modeling System HEC –HMS. User’s Manual, versión 3.4.
- ✓ US Army Corps of Engineers. River Analysis System HEC – RAS. Hydraulic Reference Manual, versión 4.1. January, 2010.
- ✓ Ven Te Chow. Hidráulica aplicada. McGraw – Hill Interamericana. S.A. 1994.
- ✓ Ven Te Chow. Hidráulica de canales abiertos. McGraw – Hill Interamericana. S.A. 1994.
- ✓ Ayuda de ArcGIS 10.1 “<http://resources.arcgis.com/es/help/>”

ANEXOS

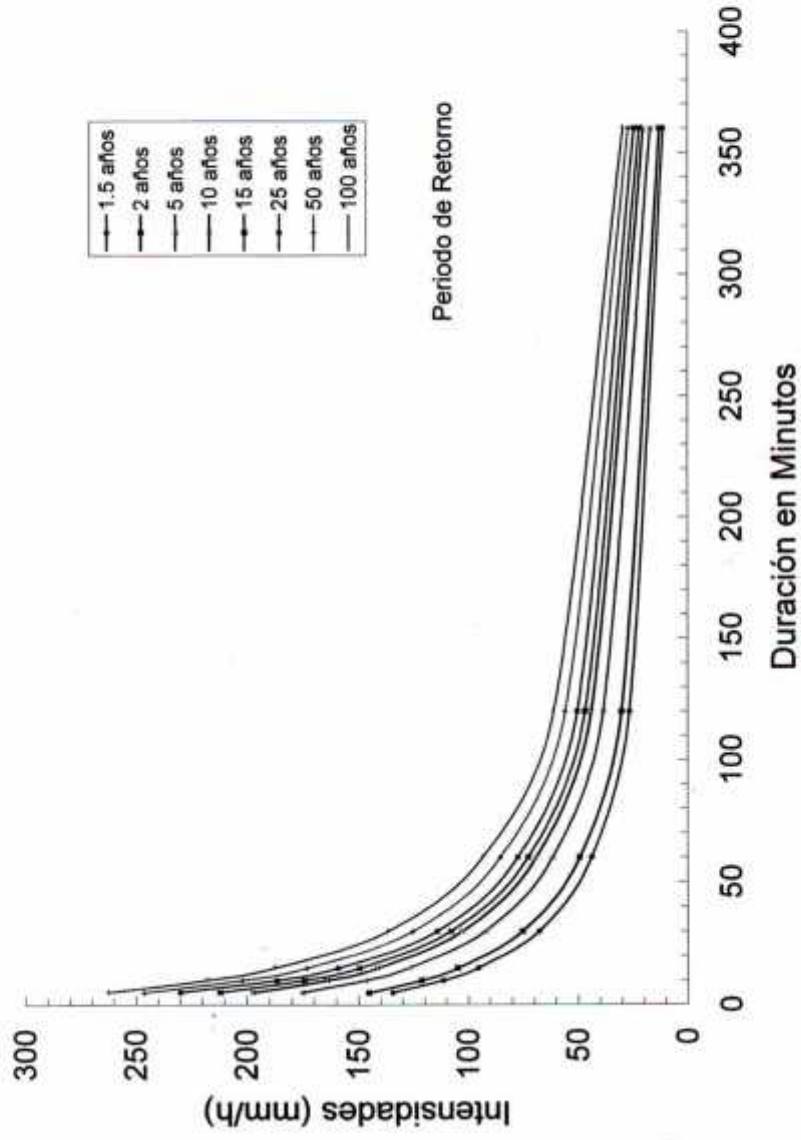
ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A –** CURVAS DE INTENSIDAD DURACION FRECUENCIA, Y EVENTOS EXTREMOS CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL.
- ANEXO B –** CLASIFICIACIÓN FUNCIONAL DE LA CARRETERA.
- ANEXO C –** NÚMEROS DE CURVA DE ESCORRENTÍA PARA USOS DE TIERRA AGRÍCOLA, SUB-URBANA Y URBANA.
- ANEXO D –** MAPAS DE TIPOS Y USOS DE SUELOS.
- ANEXO E –** COMPROBACIÓN MANUAL DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS CON EL SOTWARE HEC-HMS.
- ANEXO F –** CALCULO DE CAUDALES PICOS CON METODO RACIONAL.
- ANEXO G –** VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING RECOMENDADOS, MÉTODO DE COWAN.
- ANEXO H –** RESULTADOS DE HEC-RAS PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.
- ANEXO I –** ESTUDIOS DE SUELOS.
- ANEXO J –** VALORACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA CON USO DE SUELO COMPLETAMENTE URBANO.
- ANEXO K –** DISEÑO DE MURO DE GAVIONES.
- ANEXO L –** FOTOGRAFÍA E IMÁGENES.
- ANEXO M –** PLANOS TOPOGRAFICOS.

ANEXO A

**CURVAS DE INTENSIDAD DURACION FRECUENCIA, Y EVENTOS
EXTREMOS CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN
METEOROLOGICA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL.**

Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia de la Precipitación en Managua. Período: 1980 -2009



**COMPARACIONES ENTRE DESV. MAXIMA Y EL VALOR CRITICO DE KOLGOMOROV(KV)
PARA EL AJUSTE ANALITICO A LA DISTRIBUCION DE GUMBELL TIPO I**

DURACION MINUTOS	DESV. MAXIMA DM	KV	OBSV.
5	0.109	0.242	SAJ
10	0.155	0.242	SAJ
15	0.100	0.242	SAJ
30	0.116	0.242	SAJ
60	0.092	0.242	SAJ
120	0.111	0.242	SAJ
360	0.053	0.242	SAJ

*SE ACEPTA EL AJUSTE (SAJ), SI DM < KV, CON UN NIVEL DE SIGNIFICACION DE 0.05

Tr	5	10	15	30	60	120	360
1.5	135.0	115.3	95.3	67.6	42.9	25.5	11.7
2	146.1	124.9	103.5	73.8	48.7	29.3	13.3
5	180.4	148.6	123.7	89.2	63.1	38.6	17.3
10	201.8	164.3	137.1	99.3	72.6	44.8	19.9
15	213.9	173.1	144.7	105.1	77.9	48.3	21.4
25	228.8	184.1	154.1	112.2	84.6	52.6	23.3
50	248.9	198.8	166.6	121.7	93.5	58.4	25.7
100	268.8	213.4	179.1	131.1	102.3	64.2	28.2

PERIODO DE RETORNO (Tr) EN AÑOS

PARAMETROS DE AJUSTE PARA LAS ECUACIONES DE LA FORMA
 $I = A/(t+d)^b$

Tr	R	A	d	b
1.5	-0.9994	1700.394	15.0	0.847
2	-0.9995	1871.670	16.0	0.839
5	-0.9996	1878.513	15.0	0.791
10	-0.9993	1727.746	13.0	0.750
15	-0.9989	1548.233	11.0	0.717
25	-0.9981	1393.311	9.0	0.683
50	-0.9978	1585.839	10.0	0.687
100	-0.9975	1794.801	11.0	0.693

INTENSIDADES EN (mm/h) OBTENIDAS DEL AJUSTE

Tr	Duración en Minuto						
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	134.6	111.4	95.5	67.7	44.0	26.7	11.3
2 años	145.3	121.5	104.8	75.3	49.4	30.3	12.9
5 años	175.4	147.0	127.3	92.3	61.6	38.7	17.2
10 años	197.5	164.4	141.8	102.8	69.1	44.1	20.3
15 años	212.0	174.4	149.6	107.9	72.8	46.9	22.2
25 años	230.0	186.7	159.2	114.3	77.4	50.5	24.7
50 años	246.4	202.2	173.5	125.6	85.5	55.8	27.2
100 años	262.7	217.5	187.6	136.8	93.5	61.2	29.7

ANEXO B

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LA CARRETERA.

Clasificación Funcional de Carreteras	Revisión de Flujo			
	10	25	50	100
Troncal Principal				
Caja – Puente			X	X
Puentes grandes			X	X
Puentes pequeños			X	X
Troncal Secundaria				
Caja – Puente			X	X
Puentes grandes			X	X
Puentes pequeños			X	X
Colectora Principal				
Caja – Puente			X	X
Puentes grandes			X	X
Puentes pequeños			X	X
Colectora Secundaria				
Caja – Puente		X	X	X
Puentes pequeños		X	X	X
Caminos Vecinales				
Caja – Puente		X	X	X
Puentes grandes		X	X	X
Puentes pequeños		X	X	X

Tomado de Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Mayor. Ministerio de Transporte e Infraestructura. Corea y Asociados S.A. (CORASCO).

ANEXO C

**NÚMEROS DE CURVA DE ESCORRENTÍA PARA USOS DE
TIERRA AGRÍCOLA, SUB-URBANA Y URBANA**

Los números de curva han sido tabulados por SCS con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenido de arcilla.

Grupo D: suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

<i>Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a=0.2S$)</i>				
Descripción del uso de la Tierra	Grupo Hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Tierra cultivada: con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
Pastizales: condiciones optimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones optimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
Bosques: cubierta buena ¹	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campo de golf, cementerios, etc. Óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o mas	39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques, campo de golf, cementerios, etc. Condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93

Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a=0.2S$)

Descripción del uso de la Tierra	Grupo Hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Residenciales²				
Tamaño promedio de lote	Porcentaje promedio impermeable ³			
1/8 acre o menos	65	77	85	90
1/8 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁴	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentos con cunetas y alcantarillados ⁴	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Para una cuenca con varios tipos de suelos y diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto.

$$CN_{compuesto} = \frac{\sum \%de\ terreno * CN}{100}$$

¹ Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

² Los números de curvas se calculan poniendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

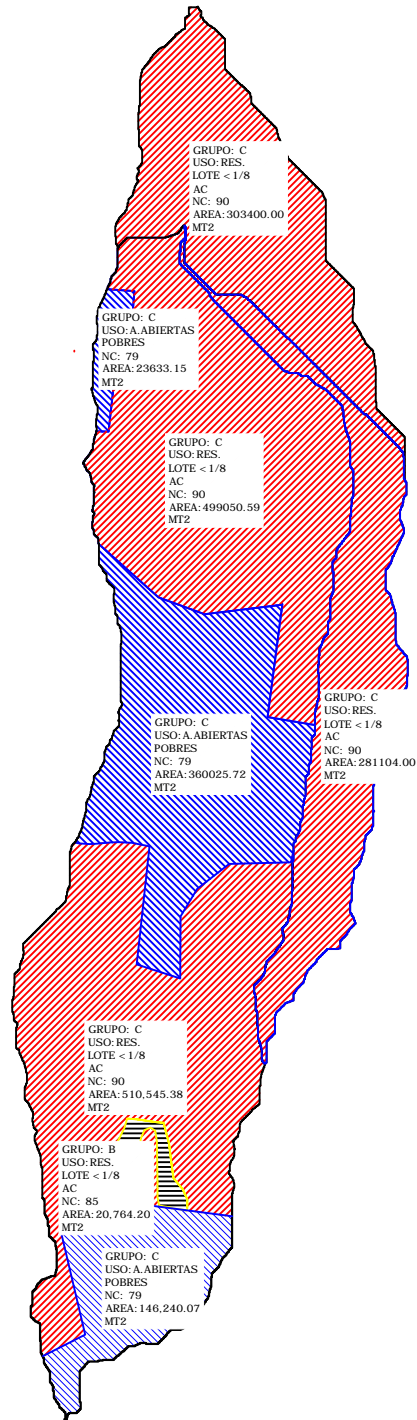
³ Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición.

⁴ En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

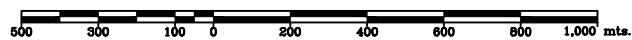
ANEXO D

MAPAS DE TIPOS Y USOS DE SUELO.

MAPA DE CLASIFICACIÓN POR USOS Y TIPOS DE SUELOS.



ESCALA 1:500,000



SERIE NEJAPA (NJ)

La serie Nejapa consiste de suelos que son en su mayoría moderadamente profundos (60 a 90 cm), bien drenados, parduscos, con un estrato endurecido continuo pero fragmentado. **Los suelos se han derivado de ceniza volcánica y están sobre estratos de cenizas de escoria volcánica suelta o cementada.** Se encuentran al Sur, sureste y suroeste de Managua, en planicies ligeramente onduladas a escarpadas. Las elevaciones varían de 150 a casi 500 metros sobre el nivel del mar.

Perfil representativo de Nejapa franco arcilloso:

- | | |
|---------|--|
| 0 a 10 | centímetros, pardo muy oscuro, franco arcilloso firme a friable; estructura de bloques subangulares, fuertes; abundantes raíces finas; neutro; límite abrupto y uniforme |
| 10 a 30 | centímetros, pardo muy oscuro, franco arcilloso firme a friable; estructura de bloques subangulares, fuertes; abundantes raíces finas; ligeramente ácido; límite claro y uniforme |
| 30 a 45 | centímetros, pardo muy oscuro a pardo grisáceo muy oscuro, franco arcilloso friable; estructura de bloques subangulares, débiles; abundantes raíces finas y medias; ligeramente ácido; límite claro y uniforme |
| 45 a 53 | centímetros, pardo grisáceo muy oscuro, franco arcilloso firme; Estructura de bloques subangulares, moderados a fuertes; pocas raíces muy finas; neutro; límite abrupto y ondulado |
| 53 a 67 | centímetros, pardo, estrato endurecido; muy firme a extremadamente firme; límite ondulado y fracturado. Espesor de 12 a 18 centímetros |

- 67 a 82 centímetros, pardo oscuro, franco arcilloso pesado con pocas gravas de escoria, firmen a friable; estructuras de bloques subangulares, débiles; muy pocas raíces; neutro; límite claro y uniforme
- 82 a 90 centímetros, pardo oscuro, franco friable con 10 % de gravas de escoria ligeramente meteorizada; masivo (no tiene estructura); sin raíces; neutro; límite abrupto y uniforme
- 90 a 110+ centímetros, negro y pardo grisáceo muy oscuro; arena suelta y gravas finas de escoria; neutro; en algunos lugares o a profundidades mayores la arena y escoria están estratificadas y débil a fuertemente cementadas

(NJbII) Nejapa franco arcilloso, poco profundo sobre un estrato endurecido, 1.5 a 4 por ciento de pendiente.

El suelo típico con pendiente ligeramente inclinada, tiene profundidades de 40 a 60 centímetros sobre un estrato endurecido. En 1968 el 90 % del área estaba con pastos y 10 % con maíz.

El escurrimiento superficial es moderado y la mayoría de las áreas están moderadamente erosionadas. Las profundidades del suelo sobre el estrato endurecido varían de 60 a más de 90 cm.

(NJc2) Nejapa franco arcilloso, poco profundo sobre el estrato endurecido, 4 a 8% de pendiente.

El suelo moderadamente superficial con pendientes inclinadas, con un espesor de 40 a 60 centímetros sobre el estrato endurecido. En 1968 alrededor del 25% del área estaba con algodón, 10% con maíz o sorgo y 65% en barbecho y áreas urbanas.

(NJc3) Nejapa franco arcilloso, superficial sobre el estrato endurecido, 4 a 8% de pendiente.

Este suelo ha perdido la capa superficial y la mayoría del subsuelo por erosión. La extensión es de 8.91 km². Debido a lo superficial del suelo, la pérdida de materia

orgánica por erosión y el peligro de erosión acelerada los suelos son más aptos para pastos, ya que reducen el peligro de la erosión acelerada.

(NJd) Asociación Nejapa, 8 a 15 por ciento de pendiente

La profundidad de este suelo al estrato endurecido varía de 40 a más de 90 centímetros. Los suelos más profundos se encuentran en los lugares menos erosionados y suelos más superficiales se encuentran en las laderas y en los lugares más erosionados.

(NJd2) Asociación Nejapa, superficial sobre el estrato endurecido, 8 a 15% de pendiente

Esta unidad consiste principalmente de suelos con profundidades de 25 a 40 centímetros sobre un estrato endurecido. El suelo típico de Nejapa se encuentra en áreas de muy poca erosión. El escurrimiento superficial de esta asociación es moderadamente rápido y el suelo necesita ser protegido contra la erosión con una cobertura vegetal densa.

(NJe2) Asociación Nejapa, superficial sobre el estrato endurecido, 15 a 30% de pendiente

Esta asociación tiene una alta proporción de suelos con profundidades de 25 a 40 centímetros sobre el estrato endurecido. Es corriente encontrar perfiles truncados. En muchos lugares existen fragmentos del estrato endurecido en la superficie y a través de todo el suelo.

CARCAVAS (CV)

Este tipo de tierra comprende drenes escarpados o cañones (cauces), e incluye suelos aluviales en los valles angostos y suelos coluviales en la base de pendientes escarpadas. Ambos suelos son muy pequeños para ser mostrados separadamente a la escala de mapeo. Los bordes y las pendientes de las cárcavas, lo mismo que su fondo angosto, caracterizan esta unidad y la diferencia de otras áreas de tierras moderadamente escarpadas y escarpadas.

Estas áreas tienen pendientes que varían en su mayoría de 25 a más de 75 por ciento. Muchas áreas conservan su vegetación natural que los protege contra la

erosión severa. Donde las pendientes exceden a 75 por ciento, el escurrimiento superficial es rápido y los suelos son generalmente superficiales y erosionados.

(CV2) Cárcavas escarpadas, pendiente de 30 a 75%

Este tipo de tierra tiene textura superficial variada, es bien drenada y tiene escurrimiento superficial rápido. La mayoría de las áreas están severamente erosionadas y conservan su vegetación natural y los bosques y pastos son su mejor uso.

FUENTE: Recopilado en la Unidad de Suelos de la Dirección General de Ordenamiento Territorial del INETER de los:

- a. Fotomapa de Suelos y Clasificación de la Tierra. Escala 1:20,000.
- b. Volumen 1. Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. Parte 2, Descripción de Suelos. Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua.

ANEXO E

**COMPROBACION MANUAL DE LOS CALCULOS REALIZADOS
CON EL SOFTWARE HEC-HMS.**

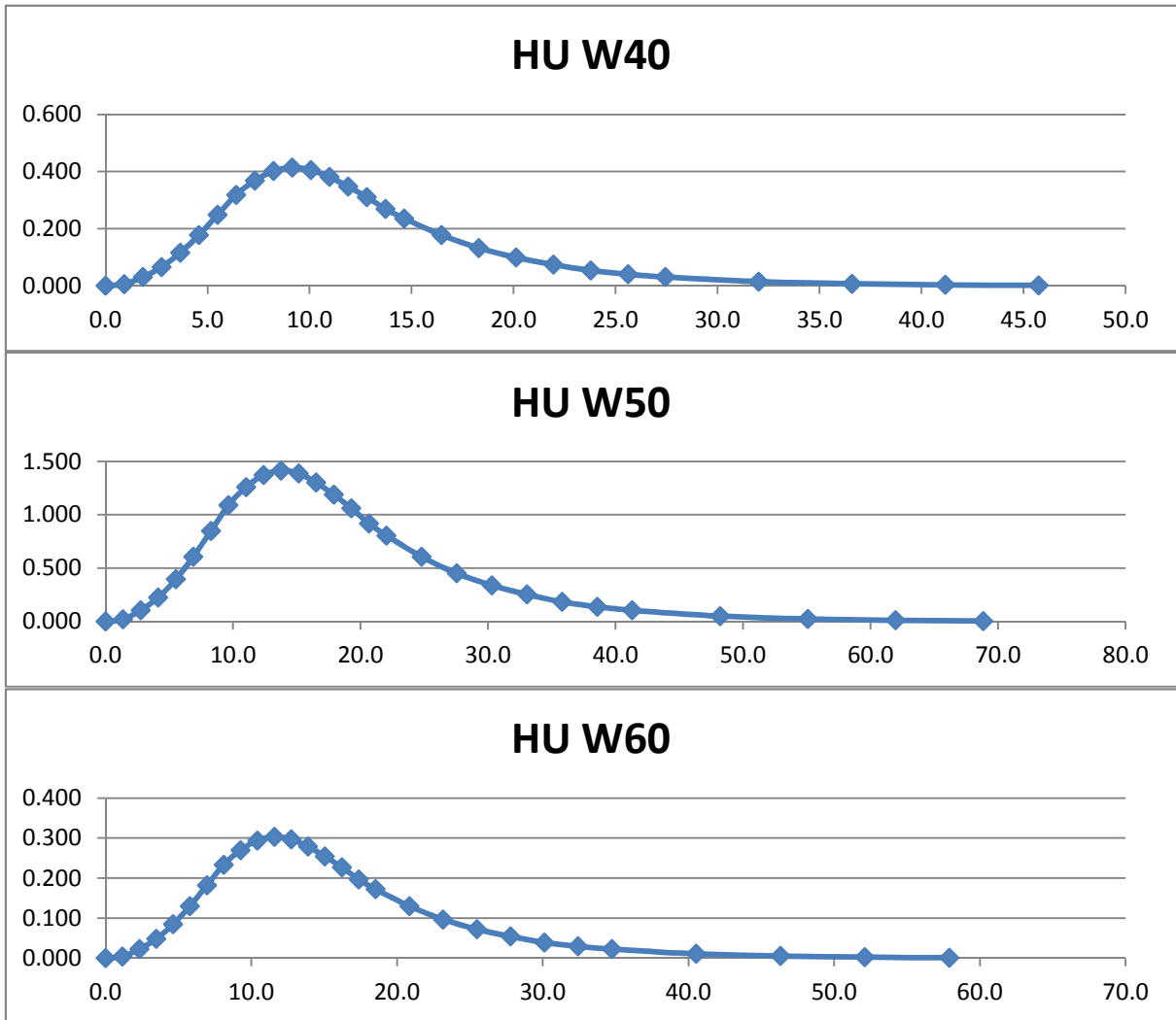
1. DATOS INICIALES

<i>Intervalo de Tiempo (min)</i>	4
----------------------------------	---

Subcuenca	Tlag Min	Area m2	Tiempo pico	Caudal pico
W40	7.15	303408.00	9.15	0.414
W50	11.77	1560260.00	13.77	1.414
W60	9.58	281106.00	11.58	0.303

2. CALCULO DE HIDROGRAMAS UNITARIOS PARA CADA SUBCUENCA

SCS HU		HU W40		HU W50		HU W60	
t / tp	Q / Qp	t	Q	t	Q	t	Q
0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.1	0.015	0.9	0.006	1.4	0.021	1.2	0.005
0.2	0.075	1.8	0.031	2.8	0.106	2.3	0.023
0.3	0.160	2.7	0.066	4.1	0.226	3.5	0.048
0.4	0.280	3.7	0.116	5.5	0.396	4.6	0.085
0.5	0.430	4.6	0.178	6.9	0.608	5.8	0.130
0.6	0.600	5.5	0.248	8.3	0.849	6.9	0.182
0.7	0.770	6.4	0.319	9.6	1.089	8.1	0.233
0.8	0.890	7.3	0.368	11.0	1.259	9.3	0.270
0.9	0.970	8.2	0.402	12.4	1.372	10.4	0.294
1.0	1.000	9.1	0.414	13.8	1.414	11.6	0.303
1.1	0.980	10.1	0.406	15.1	1.386	12.7	0.297
1.2	0.920	11.0	0.381	16.5	1.301	13.9	0.279
1.3	0.840	11.9	0.348	17.9	1.188	15.1	0.255
1.4	0.750	12.8	0.310	19.3	1.061	16.2	0.227
1.5	0.650	13.7	0.269	20.7	0.919	17.4	0.197
1.6	0.570	14.6	0.236	22.0	0.806	18.5	0.173
1.8	0.430	16.5	0.178	24.8	0.608	20.8	0.130
2.0	0.320	18.3	0.132	27.5	0.453	23.2	0.097
2.2	0.240	20.1	0.099	30.3	0.339	25.5	0.073
2.4	0.180	22.0	0.075	33.0	0.255	27.8	0.055
2.6	0.130	23.8	0.054	35.8	0.184	30.1	0.039
2.8	0.098	25.6	0.041	38.5	0.139	32.4	0.030
3.0	0.075	27.4	0.031	41.3	0.106	34.7	0.023
3.5	0.036	32.0	0.015	48.2	0.051	40.5	0.011
4.0	0.018	36.6	0.007	55.1	0.025	46.3	0.005
4.5	0.009	41.2	0.004	62.0	0.013	52.1	0.003
5.0	0.004	45.7	0.002	68.8	0.006	57.9	0.001



INTERPOLACION DE HU						
	HU-W40		HU-W50		HU-W60	
t		Q		Q		Q
4		0.139		0.215		0.065
8		0.393		0.803		0.229
12		0.343		1.340		0.301
16		0.193		1.333		0.232
20		0.102		0.986		0.146
24		0.052		0.664		0.088
28		0.029		0.433		0.053
32		0.015		0.287		0.031
36		0.008		0.181		0.020
40		0.005		0.121		0.012
44		0.002		0.084		0.008
48		0.000		0.052		0.005
52		0.000		0.037		0.003
56		0.000		0.024		0.002

3. PRECIPITACIÓN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

SUBCUENCA W40					
Numero de curva			90.00		
S.C.S. supone que la abstracción inicial (=umbral de escorrentía) es el 20%					
de la abstracción máxima. Si se desea variar, cambiar aquí:				0.2	
Po=			5.6	mm	
t (min)	P total	Σ P total	Σ Pneta	P neta	Abstra
4	1.26	1.260	0.0	0.00	1.26
8	1.32	2.580	0.0	0.00	1.32
12	1.39	3.970	0.0	0.00	1.39
16	1.46	5.430	0.0	0.00	1.46
20	1.54	6.970	0.1	0.06	1.48
24	1.67	8.640	0.3	0.23	1.44
28	1.79	10.430	0.7	0.41	1.38
32	1.92	12.350	1.3	0.59	1.33
36	2.08	14.430	2.1	0.80	1.28
40	2.27	16.700	3.1	1.03	1.24
44	2.61	19.310	4.5	1.35	1.26
48	2.97	22.280	6.2	1.71	1.26
52	3.46	25.740	8.4	2.19	1.27
56	4.14	29.880	11.2	2.84	1.30
60	5.09	34.970	14.9	3.75	1.34
64	7.74	42.710	21.0	6.10	1.64
68	14.27	56.980	33.1	12.08	2.19
72	13.50	70.480	45.2	12.05	1.45
76	9.45	79.930	53.8	8.66	0.79
80	6.13	86.060	59.5	5.69	0.44
84	4.35	90.410	63.6	4.07	0.28
88	3.65	94.060	67.0	3.43	0.22
92	3.12	97.180	70.0	2.94	0.18
96	2.73	99.910	72.5	2.58	0.15
100	2.43	102.340	74.8	2.30	0.13
104	2.14	104.480	76.9	2.03	0.11
108	1.98	106.460	78.8	1.88	0.10
112	1.83	108.290	80.5	1.74	0.09
116	1.71	110.000	82.1	1.63	0.08
120	1.60	111.600	83.7	1.53	0.07
124	1.49	113.090	85.1	1.42	0.07
128	1.42	114.510	86.5	1.36	0.06
132	1.35	115.860	87.747	1.29	0.06

SUB CUENCA W50					
Numero de curva			86.00		
S.C.S. supone que la abstracción inicial (=umbral de escorrentía) es el 20%					
de la abstracción máxima. Si se desea variar, cambiar aquí:			0.2		
Po=			8.3	mm	
t (min)	P total	Σ P total	Σ Pneta	P neta	Abstracciones
4	1.26	1.260	0.0	0.00	1.26
8	1.32	2.580	0.0	0.00	1.32
12	1.39	3.970	0.0	0.00	1.39
16	1.46	5.430	0.0	0.00	1.46
20	1.54	6.970	0.0	0.00	1.54
24	1.67	8.640	0.0	0.00	1.67
28	1.79	10.430	0.1	0.10	1.69
32	1.92	12.350	0.4	0.26	1.66
36	2.08	14.430	0.8	0.43	1.65
40	2.27	16.700	1.4	0.63	1.64
44	2.61	19.310	2.3	0.90	1.71
48	2.97	22.280	3.5	1.22	1.75
52	3.46	25.740	5.2	1.64	1.82
56	4.14	29.880	7.4	2.23	1.91
60	5.09	34.970	10.5	3.06	2.03
64	7.74	42.710	15.7	5.17	2.57
68	14.27	56.980	26.3	10.70	3.57
72	13.50	70.480	37.4	11.03	2.47
76	9.45	79.930	45.4	8.07	1.38
80	6.13	86.060	50.8	5.35	0.78
84	4.35	90.410	54.6	3.84	0.51
88	3.65	94.060	57.9	3.25	0.40
92	3.12	97.180	60.7	2.80	0.32
96	2.73	99.910	63.1	2.46	0.27
100	2.43	102.340	65.3	2.20	0.23
104	2.14	104.480	67.3	1.94	0.20
108	1.98	106.460	69.1	1.80	0.18
112	1.83	108.290	70.8	1.67	0.16
116	1.71	110.000	72.3	1.57	0.14
120	1.60	111.600	73.8	1.47	0.13
124	1.49	113.090	75.2	1.37	0.12
128	1.42	114.510	76.5	1.31	0.11
132	1.350	115.860	77.721	1.24	0.11

SUB CUENCA W60					
Numero de curva			90.00		
S.C.S. supone que la abstracción inicial (=umbral de escorrentía) es el 20%					
de la abstracción máxima. Si se desea variar, cambiar aquí:			0.2		
Po=			5.6	mm	
t (min)	P total	Σ P total	Σ Pneta	P neta	Abstracciones
4	1.26	1.260	0.0	0.00	1.26
8	1.32	2.580	0.0	0.00	1.32
12	1.39	3.970	0.0	0.00	1.39
16	1.46	5.430	0.0	0.00	1.46
20	1.54	6.970	0.1	0.06	1.48
24	1.67	8.640	0.3	0.23	1.44
28	1.79	10.430	0.7	0.41	1.38
32	1.92	12.350	1.3	0.59	1.33
36	2.08	14.430	2.1	0.80	1.28
40	2.27	16.700	3.1	1.03	1.24
44	2.61	19.310	4.5	1.35	1.26
48	2.97	22.280	6.2	1.71	1.26
52	3.46	25.740	8.4	2.19	1.27
56	4.14	29.880	11.2	2.84	1.30
60	5.09	34.970	14.9	3.75	1.34
64	7.74	42.710	21.0	6.10	1.64
68	14.27	56.980	33.1	12.08	2.19
72	13.50	70.480	45.2	12.05	1.45
76	9.45	79.930	53.8	8.66	0.79
80	6.13	86.060	59.5	5.69	0.44
84	4.35	90.410	63.6	4.07	0.28
88	3.65	94.060	67.0	3.43	0.22
92	3.12	97.180	70.0	2.94	0.18
96	2.73	99.910	72.5	2.58	0.15
100	2.43	102.340	74.8	2.30	0.13
104	2.14	104.480	76.9	2.03	0.11
108	1.98	106.460	78.8	1.88	0.10
112	1.83	108.290	80.5	1.74	0.09
116	1.71	110.000	82.1	1.63	0.08
120	1.60	111.600	83.7	1.53	0.07
124	1.49	113.090	85.1	1.42	0.07
128	1.42	114.510	86.5	1.36	0.06
132	1.350	115.860	87.747	1.29	0.06

4. CALCULO DE HIDROGRAMA

CUENCA W40 PARTE 1

EXCESO DE PRECIPITACION EN TIEMPO UNITARIO

[illegible]

CUENCA W40 PARTE 2

EXCESO DE PRECIPITACION EN TIEMPO UNITARIO																TOT
t (min)	12.05	8.66	5.69	4.07	3.43	2.94	2.58	2.30	2.03	1.88	1.74	1.63	1.53	1.42	1.36	
0																0
4																0
8																0
12																0
16																0.008
20																0.055
24																0.167
28																0.332
32																0.534
36																0.765
40																1.034
44																1.363
48																1.765
52																2.274
56																2.946
60																4.011
64																6.289
68	1.6759															9.728
72	4.737	1.205														11.9
76	4.1357	3.405	0.792													11.61
80	2.3215	2.973	2.238	0.566												9.825
84	1.2236	1.669	1.954	1.599	0.477											7.825
88	0.6292	0.88	1.097	1.396	1.348	0.409										6.252
92	0.3502	0.452	0.578	0.784	1.177	1.157	0.359									5.114
96	0.1801	0.252	0.297	0.413	0.661	1.01	1.015	0.32								4.288
100	0.1013	0.129	0.165	0.212	0.348	0.567	0.886	0.906	0.283							3.67
104	0.0563	0.073	0.085	0.118	0.179	0.299	0.497	0.791	0.799	0.262						3.189
108	0.0294	0.04	0.048	0.061	0.1	0.154	0.262	0.444	0.698	0.741	0.243					2.819
112	0	0.021	0.027	0.034	0.051	0.086	0.135	0.234	0.392	0.647	0.686	0.227				2.538
116	0	0	0.014	0.019	0.029	0.044	0.075	0.12	0.206	0.363	0.599	0.641	0.213			2.323
120	0	0	0	0.01	0.016	0.025	0.039	0.067	0.106	0.191	0.336	0.56	0.601	0.198		2.149
124		0	0	0	0.008	0.014	0.022	0.034	0.059	0.098	0.177	0.314	0.525	0.56	0.189	2.001
128			0	0	0	0.007	0.012	0.019	0.03	0.055	0.091	0.166	0.295	0.489	0.534	1.699
132				0	0	0	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.16	0.27	0.47	1.095
136					0	0	0	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.08	0.14	0.26	0.591
140						0	0	0	0	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.14	0.31
144							0	0	0	0	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.162
148								0	0	0	0	0.01	0.01	0.02	0.04	0.086
152									0	0	0	0	0.01	0.01	0.02	0.043
156										0	0	0	0	0.01	0.01	0.022
160											0	0	0	0	0.01	0.01

CUENCA W50 PARTE 1

EXCESO DE PRECIPITACION EN TIEMPO UNITARIO

[illegible]

CUENCA W50 PARTE 2

EXCESO DE PRECIPITACION EN TIEMPO UNITARIO																TOT
t (min)	11.03	8.07	5.35	3.84	3.25	2.80	2.46	2.20	1.94	1.80	1.67	1.57	1.47	1.37	1.31	
0																0
4																0
8																0
12																0
16																0
20																7E-04
24																0.025
28																0.144
32																0.445
36																0.971
40																1.728
44																2.729
48																4.02
52																5.681
56																7.859
60																11
64																16.64
68	2.3694															26.24
72	8.8541	1.734														37.67
76	14.771	6.48	1.15													45.65
80	14.7	10.81	4.298	0.826												47.16
84	10.874	10.76	7.17	3.087	0.699											43.6
88	7.325	7.958	7.135	5.151	2.612	0.601										37.98
92	4.7794	5.361	5.278	5.126	4.358	2.247	0.529									32.39
96	3.161	3.498	3.556	3.792	4.337	3.749	1.976	0.473								27.56
100	1.9902	2.314	2.32	2.554	3.208	3.73	3.297	1.766	0.418							23.61
104	1.3392	1.457	1.534	1.667	2.161	2.759	3.281	2.947	1.561	0.388						20.43
108	0.9312	0.98	0.966	1.102	1.41	1.859	2.427	2.932	2.604	1.448	0.359					17.84
112	0.5779	0.682	0.65	0.694	0.933	1.213	1.635	2.169	2.591	2.416	1.342	0.336				15.76
116	0.4059	0.423	0.452	0.467	0.587	0.802	1.067	1.461	1.917	2.405	2.239	1.257	0.315			14.05
120	0.2617	0.297	0.281	0.325	0.395	0.505	0.705	0.953	1.291	1.779	2.228	2.097	1.179	0.294		12.59
124		0.192	0.197	0.202	0.275	0.34	0.444	0.631	0.843	1.198	1.648	2.087	1.967	1.1	0.281	11.4
128			0.127	0.142	0.17	0.236	0.299	0.397	0.557	0.782	1.11	1.544	1.957	1.835	1.05	10.21
132				0.091	0.12	0.147	0.208	0.267	0.351	0.517	0.725	1.04	1.448	1.826	1.752	8.491
136					0.077	0.103	0.129	0.186	0.236	0.326	0.479	0.679	0.975	1.351	1.743	6.284
140						0.066	0.091	0.115	0.164	0.219	0.302	0.449	0.636	0.91	1.289	4.242
144							0.058	0.081	0.102	0.152	0.203	0.283	0.421	0.594	0.869	2.762
148								0.052	0.072	0.095	0.141	0.19	0.265	0.393	0.567	1.774
152									0.046	0.066	0.088	0.132	0.178	0.247	0.375	1.133
156										0.043	0.062	0.082	0.124	0.166	0.236	0.713
160											0.04	0.058	0.077	0.116	0.159	0.449

CUENCA W60 PARTE 1

EXCESO DE PRECIPITACION EN TIEMPO UNITARIO

[illegible]

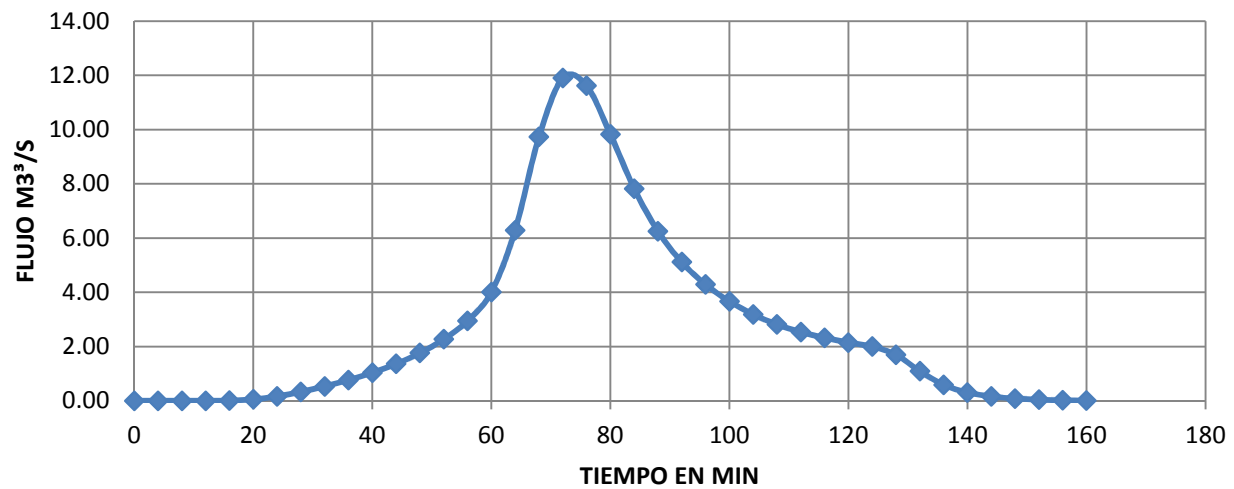
CUENCA W60 PARTE 2

EXCESO DE PRECIPITACION EN TIEMPO UNITARIO																TOT
t (min)	12.05	8.66	5.69	4.07	3.43	2.94	2.58	2.30	2.03	1.88	1.74	1.63	1.53	1.42	1.36	
0																0
4																0
8																0
12																0
16																0.004
20																0.028
24																0.096
28																0.214
32																0.371
36																0.561
40																0.783
44																1.049
48																1.375
52																1.782
56																2.307
60																3.082
64																4.567
68	0.7833															7.028
72	2.7548	0.563														9.384
76	3.6239	1.98	0.37													10.28
80	2.7972	2.605	1.301	0.264												9.637
84	1.7552	2.011	1.712	0.93	0.223											8.245
88	1.0617	1.262	1.321	1.224	0.784	0.191										6.818
92	0.6403	0.763	0.829	0.944	1.032	0.673	0.168									5.636
96	0.3789	0.46	0.502	0.593	0.796	0.885	0.59	0.15								4.722
100	0.2427	0.272	0.302	0.358	0.5	0.683	0.777	0.527	0.132							4.014
104	0.1443	0.174	0.179	0.216	0.302	0.429	0.599	0.693	0.465	0.122						3.46
108	0.092	0.104	0.115	0.128	0.182	0.259	0.376	0.535	0.611	0.431	0.113					3.026
112	0.0561	0.066	0.068	0.082	0.108	0.156	0.228	0.336	0.472	0.567	0.399	0.106				2.687
116	0.0334	0.04	0.043	0.049	0.069	0.093	0.137	0.203	0.296	0.437	0.524	0.373	0.099			2.419
120	0.0206	0.024	0.027	0.031	0.041	0.059	0.081	0.122	0.179	0.274	0.405	0.491	0.349	0.093		2.197
124		0.015	0.016	0.019	0.026	0.035	0.052	0.072	0.108	0.166	0.254	0.379	0.46	0.326	0.088	2.016
128			0.01	0.011	0.016	0.022	0.031	0.046	0.064	0.1	0.154	0.238	0.355	0.429	0.311	1.786
132				0.007	0.01	0.014	0.02	0.028	0.041	0.059	0.093	0.144	0.223	0.331	0.409	1.376
136					0.006	0.008	0.012	0.018	0.024	0.038	0.055	0.087	0.135	0.208	0.316	0.905
140						0.005	0.007	0.011	0.016	0.023	0.035	0.051	0.081	0.126	0.198	0.552
144							0.004	0.006	0.009	0.014	0.021	0.033	0.048	0.076	0.12	0.332
148								0.004	0.006	0.009	0.013	0.02	0.031	0.045	0.072	0.199
152									0.003	0.005	0.008	0.012	0.018	0.029	0.043	0.119
156										0.003	0.005	0.008	0.012	0.017	0.027	0.072
160											0.003	0.005	0.007	0.011	0.016	0.042

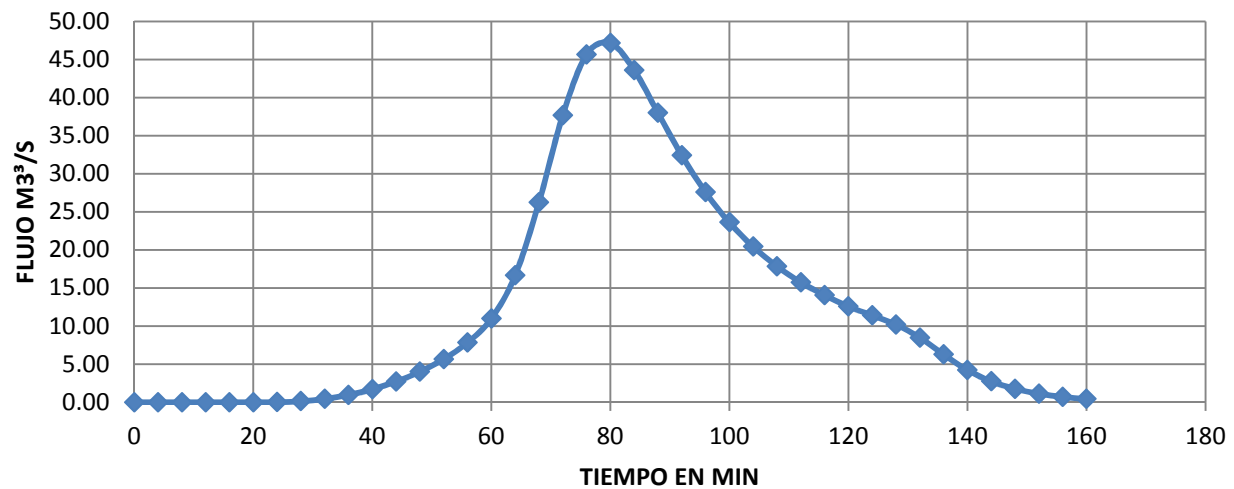
RESUMEN E HIDROGRAMAS DE CADA SUBCUENCA

	W40	W50	W60	UNION W50-W60
t (min)	Q m³/s	Q m³/s	Q m³/s	Q m³/s
0	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.01	0.00	0.00	0.00
20	0.06	0.00	0.03	0.03
24	0.17	0.02	0.10	0.12
28	0.33	0.14	0.21	0.36
32	0.53	0.44	0.37	0.82
36	0.76	0.97	0.56	1.53
40	1.03	1.73	0.78	2.51
44	1.36	2.73	1.05	3.78
48	1.76	4.02	1.38	5.40
52	2.27	5.68	1.78	7.46
56	2.95	7.86	2.31	10.17
60	4.01	11.00	3.08	14.08
64	6.29	16.64	4.57	21.21
68	9.73	26.24	7.03	33.27
72	11.90	37.67	9.38	47.05
76	11.61	45.65	10.28	55.93
80	9.83	47.16	9.64	56.80
84	7.83	43.60	8.24	51.85
88	6.25	37.98	6.82	44.79
92	5.11	32.39	5.64	38.03
96	4.29	27.56	4.72	32.29
100	3.67	23.61	4.01	27.63
104	3.19	20.43	3.46	23.89
108	2.82	17.84	3.03	20.87
112	2.54	15.76	2.69	18.44
116	2.32	14.05	2.42	16.47
120	2.15	12.59	2.20	14.79
124	2.00	11.40	2.02	13.42
128	1.70	10.21	1.79	11.99
132	1.09	8.49	1.38	9.87
136	0.59	6.28	0.91	7.19
140	0.31	4.24	0.55	4.79
144	0.16	2.76	0.33	3.09
148	0.09	1.77	0.20	1.97
152	0.04	1.13	0.12	1.25
156	0.02	0.71	0.07	0.78
160	0.01	0.45	0.04	0.49

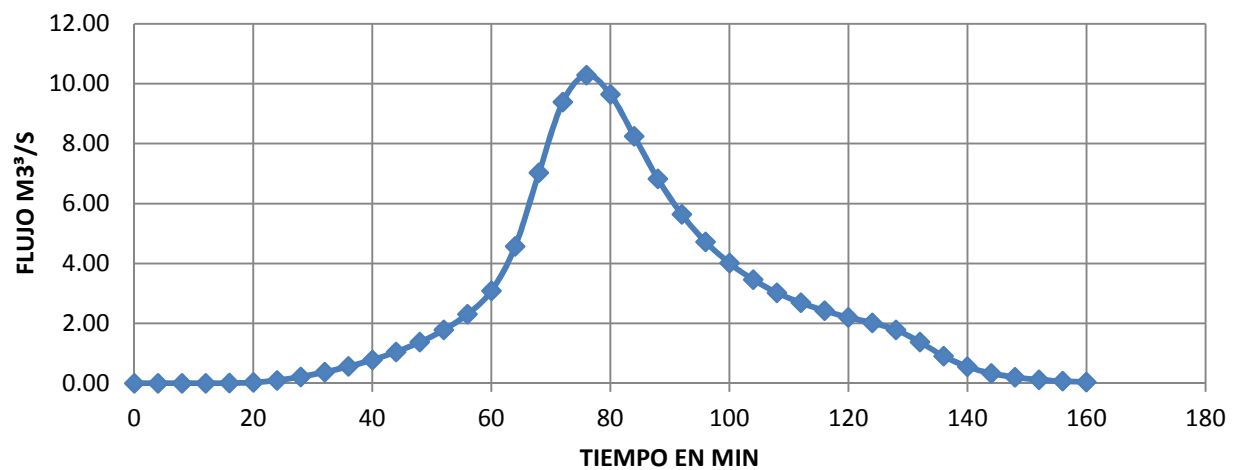
HIDROGRAMA CUENCA W40



HIDROGRAMA CUENCA W50



HIDROGRAMA CUENCA W60

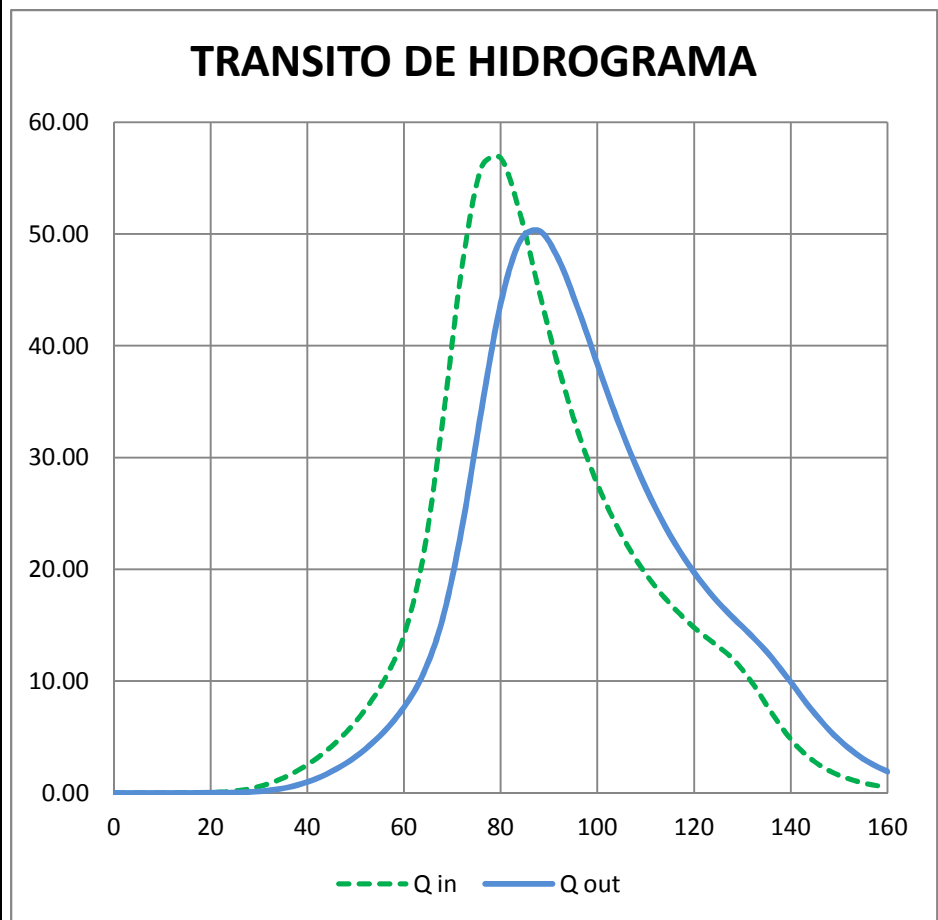


5. TRANSITO DE HIDROGRAMA VARIANTE DE MUSKINGUM

K (hrs)	X	C1	C2	C3
0.148	0.2	0.025	0.415	0.561

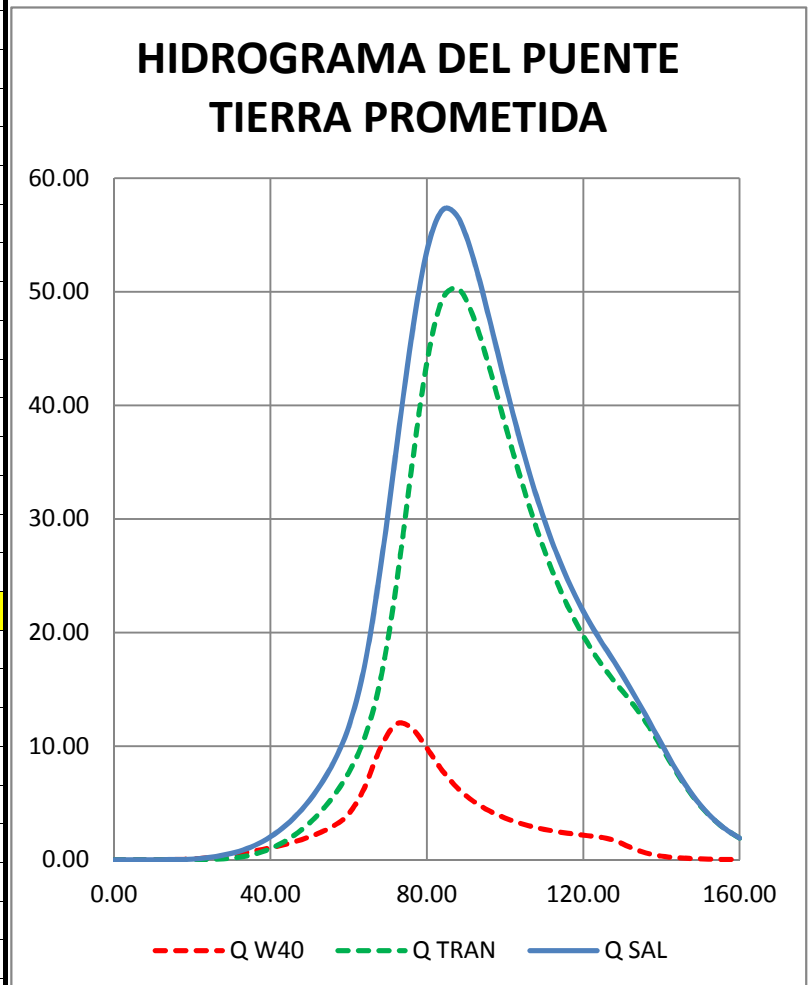
$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} \quad C_2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} \quad C_3 = \frac{2K(1-X) - \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t}$$

t (min)	Q in	Q out
0	0.00	0.00
4	0.00	0.00
8	0.00	0.00
12	0.00	0.00
16	0.00	0.00
20	0.03	0.00
24	0.12	0.02
28	0.36	0.07
32	0.82	0.21
36	1.53	0.49
40	2.51	0.97
44	3.78	1.68
48	5.40	2.64
52	7.46	3.90
56	10.17	5.53
60	14.08	7.67
64	21.21	10.66
68	33.27	15.59
72	47.05	23.70
76	55.93	34.18
80	56.80	43.76
84	51.85	49.37
88	44.79	50.28
92	38.03	47.70
96	32.29	43.31
100	27.63	38.35
104	23.89	33.55
108	20.87	29.23
112	18.44	25.50
116	16.47	22.35
120	14.79	19.73
124	13.42	17.52
128	11.99	15.68
132	9.87	14.01
136	7.19	12.12
140	4.79	9.90
144	3.09	7.61
148	1.97	5.60
152	1.25	3.99
156	0.78	2.77
160	0.49	1.89



6. CAUDAL DE SALIDA DE LA CUENCA

t (min)	Q W40	Q TRAN	Q SAL
0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00
8.00	0.00	0.00	0.00
12.00	0.00	0.00	0.00
16.00	0.01	0.00	0.01
20.00	0.06	0.00	0.06
24.00	0.17	0.02	0.18
28.00	0.33	0.07	0.40
32.00	0.53	0.21	0.74
36.00	0.76	0.49	1.26
40.00	1.03	0.97	2.01
44.00	1.36	1.68	3.04
48.00	1.76	2.64	4.41
52.00	2.27	3.90	6.18
56.00	2.95	5.53	8.48
60.00	4.01	7.67	11.68
64.00	6.29	10.66	16.95
68.00	9.73	15.59	25.32
72.00	11.90	23.70	35.60
76.00	11.61	34.18	45.79
80.00	9.83	43.76	53.58
84.00	7.83	49.37	57.19
88.00	6.25	50.28	56.53
92.00	5.11	47.70	52.82
96.00	4.29	43.31	47.60
100.00	3.67	38.35	42.02
104.00	3.19	33.55	36.74
108.00	2.82	29.23	32.05
112.00	2.54	25.50	28.04
116.00	2.32	22.35	24.67
120.00	2.15	19.73	21.87
124.00	2.00	17.52	19.52
128.00	1.70	15.68	17.38
132.00	1.09	14.01	15.11
136.00	0.59	12.12	12.71
140.00	0.31	9.90	10.21
144.00	0.16	7.61	7.77
148.00	0.09	5.60	5.69
152.00	0.04	3.99	4.03
156.00	0.02	2.77	2.80
160.00	0.01	1.89	1.90



ANEXO F

CÁLCULO DE CAUDALES PICOS CON MÉTODO RACIONAL.

El Método Racional es aceptable para áreas de drenaje menores de 3.0 km². Está basado en las siguientes suposiciones para la determinación de la descarga pico:

- La duración de la lluvia es igual a la del tiempo de concentración.
- El período de retorno, o frecuencia, de la descarga pico calculada, es el mismo como el período de retorno para la tormenta de diseño.
- El coeficiente de escorrentía no varía durante una lluvia.
- La intensidad de la lluvia es constante durante la duración de la lluvia, y es uniforme sobre toda el área de drenaje bajo consideración.

El caudal pico es calculado como:

$$Q_p = 0.2778 * C * I * A$$

Dónde:

Q_p : Caudal Pico de salida (m³/s)

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación (mm/h)

A : Área de la cuenca (km²)

Coeficiente de Escorrentía.

Es la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente.

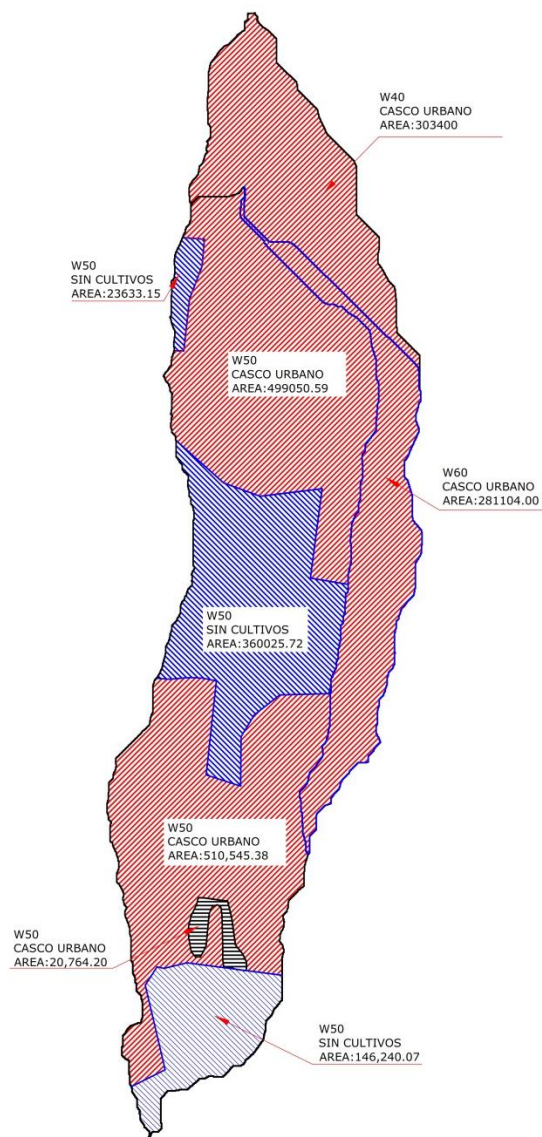
La alcaldía de Managua propone la siguiente tabla para el cálculo del coeficiente de escorrentía:

Coeficiente de escorrentía (C)

(Válido para cuenca con área de aportación hasta 3 Km²)

<u>Uso del suelo</u>	<u>Us</u>
1.- Vegetación densa, bosque, cafetal con sombra, pastos	0.04
2.- Maleza, arbustos (solar baldío), cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos	0.06
3.- Sin vegetación o con cultivos anuales	0.10
4.- Zonas suburbanas (viviendas, negocios)	0.20
5.- Casco urbano y zonas industriales	0.30
<u>Factores de ajuste</u>	
<u>Tipo de suelo</u>	<u>Ts</u>
1) Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1.00
2) Semipermeable (terreno arcillo-arenoso)	1.25
3) Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
<u>Pendiente del terreno (%)</u>	<u>Pt</u>
a.-- 0.00- 3	1.00
b.-- 3.1 - 5	1.50
c.-- 5.1 - 10	2.00
d.-- 10.1 - 20	2.50
e.-- 20 y más	3.00
Fórmula : $C = Us * Ts * Pt$	
Elaborado con base en los documentos : NORMAS CHECOSLOVACAS PARA ESTABILIZACION DE CAUCES Y CARCAVAS, ESBOZO DE UN PLAN MAESTRO DEL DRENAJE PLUVIAL SUBTERRANEO Y SUPERFICIAL DE LA CIUDAD DE MANAGUA y observaciones de campo	

		USO DE SUELO			TIPO DE SUELO			PENDIENTE		
SUB CUENCA	AREA	DESCRIPCION	US	US POND	DESCRIPCION	TS	TS POND	Pend %	Pt	C
W40	303400	Casco Urbano	0.3	0.300	Impermeable (marga arcillosa)	1.5	1.500	4.900	1.500	0.675
W50	1009595.97	Casco Urbano	0.3	0.232	Impermeable (marga arcillosa)	1.5	1.497	10.366	2.500	0.868
	529898.94	Sin vegetación	0.1		Impermeable (marga arcillosa)	1.5				
	20764.2	Casco Urbano	0.3		Semipermeable (arcillo-arenoso)	1.25				
W60	281104	Casco Urbano	0.3	0.300	Impermeable (marga arcillosa)	1.5	1.500	5.617	2.000	0.900
COEFICIENTE DE ESCORRETIA DE LA CUENCA										0.845

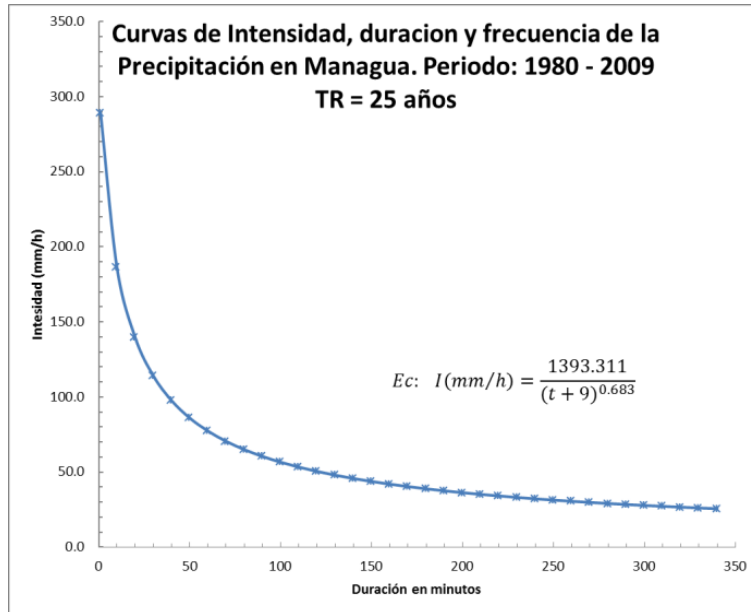


Tiempo de Concentración.

$$T_c = 0.0041 \left[\frac{3.28L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77} = 0.0041 \left[\frac{3.28(3,083.29 \text{ m})}{\sqrt{0.0287 \text{ m/m}}} \right]^{0.77} = 19.51 \text{ min}$$

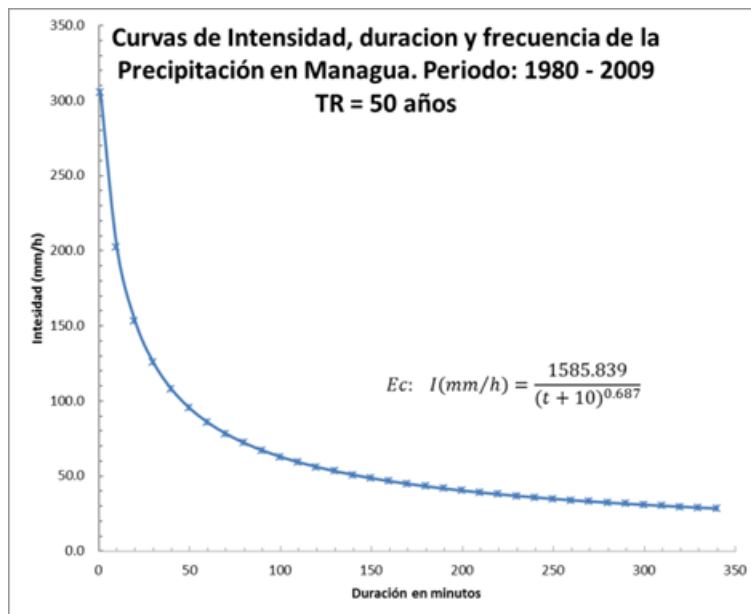
Intensidades de precipitación.

✓ TR-25 AÑOS.



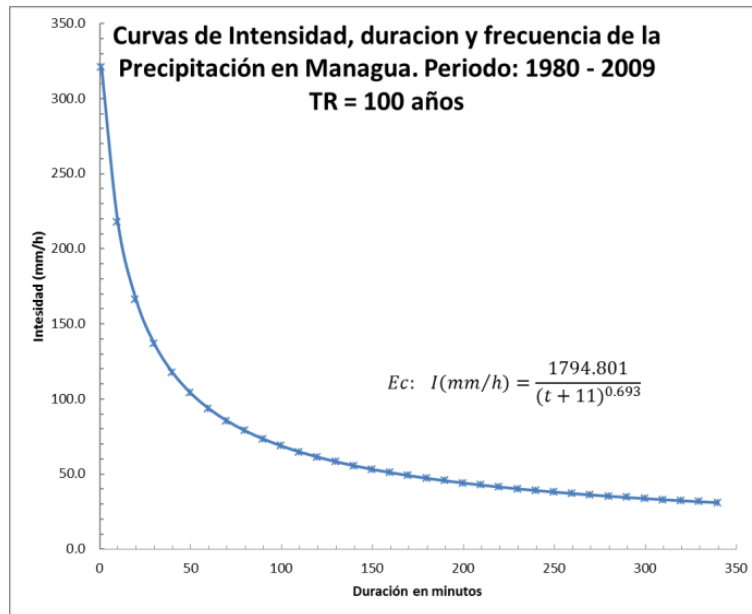
$$I(\text{mm/h}) = \frac{1393.311}{(19.51 + 9)^{0.683}} = 141.3 \text{ mm/h}$$

✓ TR-50 AÑOS.



$$I(\text{mm/h}) = \frac{1585.83}{(19.51 + 10)^{0.687}} = 155.0 \text{ mm/h}$$

✓ TR-100 AÑOS.



$$I(mm/h) = \frac{1794.801}{(19.51 + 11)^{0.693}} = 168 \text{ mm/h}$$

Área de la cuenca.

El área comprende una zona urbana de **2.14476311 km²**

CAUDAL PICO:

✓ TR-25 AÑOS.

$$Qp = 0.2778 * 0.851 * 141.3 * 2.14476311 = 71.64 \text{ m}^3/s$$

✓ TR-50 AÑOS.

$$Qp = 0.2778 * 0.851 * 155.0 * 2.14476311 = 78.59 \text{ m}^3/s$$

✓ TR-100 AÑOS.

$$Qp = 0.2778 * 0.851 * 168.0 * 2.14476311 = 85.18 \text{ m}^3/s$$

ANEXO G

**VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING
RECOMENDADOS, Y METODO DE COWAN.**

COEFICIENTES DE MANINNG RECOMENDADOS

TABLA 5-6. HIDRAULICA DE CANALES ABIERTO VEN TE CHOW

Valores del coeficiente de rugosidad n (Las cifras en negrillas son los valores generalmente recomendados para el diseño)			
Tipo de canal y descripción.	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A-1 Metal			
a. Latón, liso	0.009	0.010	0.013
b. Acero			
1. Estriado y Soldado	0.010	0.012	0.014
2. Ribeteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
d. Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas de lluvias	0.021	0.024	0.030
A-2 No Metal			
a. Lucita	0.0087	0.009	0.010
b. Vidrio	0.009	0.010	0.013
c. Cemento			
1. Superficie Molida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla, recta, libre de basura	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones, y algo de basura	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillas de aguas residuales, pozos de inspección, entradas	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta, y encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta, y encofrado en madera lisa	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta, o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
e. Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Lamina tratada	0.015	0.017	0.020
f. Arcilla			
1. Canaleta Común de baldosa	0.011	0.013	0.017
2. Alcantarilla Vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla Vitrificada con pozos de inspección, entradas	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje Vitrificada con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillos			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.015	0.013	0.017
i. Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra cementada	0.018	0.025	0.030

Valores del coeficiente de rugosidad n (continuación) (Las cifras en negritas son los valores generalmente recomendados para el diseño)			
Tipo de canal y descripción.	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1 Metal			
a. Superficies lisas de acero			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintadas	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.011	0.013	0.015
B-2 No Metal			
a. Cemento			
1. Superficie Molida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Laminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica(palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido con grava en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados:			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o <i>rip rap</i>	0.029	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lodos de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o <i>rip rap</i>	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloque de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento Vegetal	0.030	0.500

Valores del coeficiente de rugosidad n <i>(continuación)</i> (Las cifras en negritas son los valores generalmente recomendados para el diseño)			
Tipo de canal y descripción.	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
<i>a.</i> En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de la exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
<i>b.</i> En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo de tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondos pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondos en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
<i>c.</i> Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
<i>d.</i> Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
<i>e.</i> Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad del flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio matorrales a los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Corrientes Naturales.			
D-1 Corrientes menores (Ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
<i>a.</i> Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedra	0.035	0.045	0.050
5. igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.050
6. Igual al 4, pero con más piedras.	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos.	0.075	0.100	0.150
<i>b.</i> Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: Cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070

Valores del coeficiente de rugosidad n (continuación) (Las cifras en negritas son los valores generalmente recomendados para el diseño)			
Tipo de canal y descripción.	Mínimo	Normal	Máximo
D-2 Planicies de inundación			
<i>a.</i> Pastizales sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
<i>b.</i> Áreas cultivadas			
1. Sin cultivos	0.025	0.030	0.035
2. Cultivo en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campo de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
<i>c.</i> Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
<i>d.</i> Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio. Con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel de agua por debajo de las ramas	0.080	0.110	0.120
5. Igual que el anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
D-3 Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de n es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencias menos efectiva.			
<i>a.</i> Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	0.060
<i>b.</i> Sección irregular, y rugosa.	0.035	0.100

METODO DE COWAN.

COEFICIENTES DE MANNING SEGÚN FORMULA DE COWAN TABLA 5-5 HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS – VEN TE CHOW			
CONDICIONES DEL CAUCE		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.022
	Grava fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variación de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010 – 0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010 – 0.015
	Apreciable		0.020 – 0.030
	Severo		0.040 – 0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005 – 0.010
	Media		0.010 – 0.025
	Alta		0.025 – 0.050
	Muy alta		0.050 – 0.100
Grado de los Efectos por meandro	Menor	m	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Al establecer el valor de n_1 , se considera que el grado de irregularidad es *suave* para superficies comparables con la mejor obtenible en los materiales involucrados; *menor* para canales artificiales bien dragados, con taludes laterales ligeramente erosionados o socavados en canales artificiales o canales de drenaje; *moderado* para canales mediana a pobremente dragados, taludes laterales moderadamente derrumbados o erosionados de canales artificiales o canales de drenaje; y *severos* para bancas muy derrumbadas de cauces naturales o con taludes laterales muy erosionados o muy derrumbados en canales artificiales o canales de drenaje, y canales artificiales excavados en roca con superficies deformes, con entrantes y salientes e irregulares.

Al establecer el valor de n_2 ; se considera que el carácter de las variaciones en tamaño y forma de la sección transversal es *gradual* cuando el cambio en el tamaño o en la forma ocurre de manera gradual, *ocasionalmente alternante* cuando las secciones grandes y pequeñas se alternan ocasionalmente o cuando los cambios en la forma causan el cambio de la corriente principal de un lado al otro, y *frecuentemente alternante* cuando las secciones grandes y pequeñas se alternan con frecuencia o cuando los cambios en la forma causan frecuentes cambios de la corriente principal de un lado a otro.

Al establecer el valor de n_3 ; se consideran la presencia y las características de obstrucciones como depósitos de basura, palos, raíces expuestas, cantos rodados y troncos caídos y atascados. Recuérdese que las condiciones consideradas en los pasos anteriores no deben ser reevaluadas o tenidas en cuenta más de una vez. Para juzgar el efecto relativo de las obstrucciones, considere lo siguiente: hasta qué punto las obstrucciones ocupan o reducen el promedio de área mojada, la naturaleza de las obstrucciones (objetos puntiagudos o angulares inducen mayor turbulencia que objetos curvos o con superficies lisas), y la posición y el espaciamiento, transversal y longitudinal, de las obstrucciones en el tramo bajo consideración.

Al establecer el valor de n_4 se considera el grado del efecto de la vegetación:

1) *Bajo* para condiciones comparables a lo siguiente: a) crecimientos densos de pastos o malezas flexibles; de los cuales los pastos bermuda y azul son ejemplos, donde la profundidad promedio de flujo es de dos a tres veces la altura de la vegetación, y b) varas flexibles de plantas jóvenes, como sauce, matas de algodón o cedro salado, donde la profundidad promedio de flujo es tres a cuatro veces la altura de la vegetación.

2) *Medio* para condiciones comparables a las siguientes: a) césped cuando la profundidad promedio de flujo es una a dos veces la altura de la vegetación, b) pastos con tallo, malezas o plantas jóvenes con cubierta moderada cuando la profundidad promedio de flujo es dos a tres veces la altura de la vegetación, y c) crecimientos de matorrales, moderadamente densos, similares a sauces de uno a dos años, durante la estación invernal, a lo largo de los taludes laterales de un canal sin vegetación importante a lo largo del fondo del canal, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.

3) *Alto* para condiciones comparables a las siguientes: a) prados de césped cuando la profundidad promedio es más o menos igual a la altura de la vegetación, b) sauces o plantas del algodón de ocho a diez años de edad durante la estación invernal, con crecimiento intermedio de malezas y matorrales, sin vegetación en el follaje, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies, y c) matorrales de sauces de aproximadamente un-año de edad durante la estación de crecimiento, con intercalaciones de algunas malezas con follaje completo a lo largo de los taludes laterales sin vegetación importante a lo largo del fondo del canal, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.

Muy alto para condiciones comparables a las siguientes: a) pastos cuando la profundidad promedio del flujo es menor que la mitad de la altura de la vegetación, b) matorrales de sauces de más o menos un año de edad durante la estación de crecimiento, con crecimientos intercalados de malezas con follaje completo a lo largo de los taludes laterales o crecimientos densos de plantas de hojas anchas en

el fondo del canal, con cualquier valor del radio hidráulico hasta 10 ó 15 pies, y c) árboles en la estación de crecimiento con intercalaciones de malezas y matorrales, todo con follaje completo, con cualquier valor del radio hidráulico hasta 10 ó 15 pies.

Al establecer el valor de m , el grado de los efectos por meandros depende de la relación entre la longitud recta del tramo del canal. Los meandros se consideran *menores* para relaciones de 1 a 1.2 *apreciables* para relaciones de 1.2 a 1.5, y *severos* para relaciones de 1.5 a *mayores*.

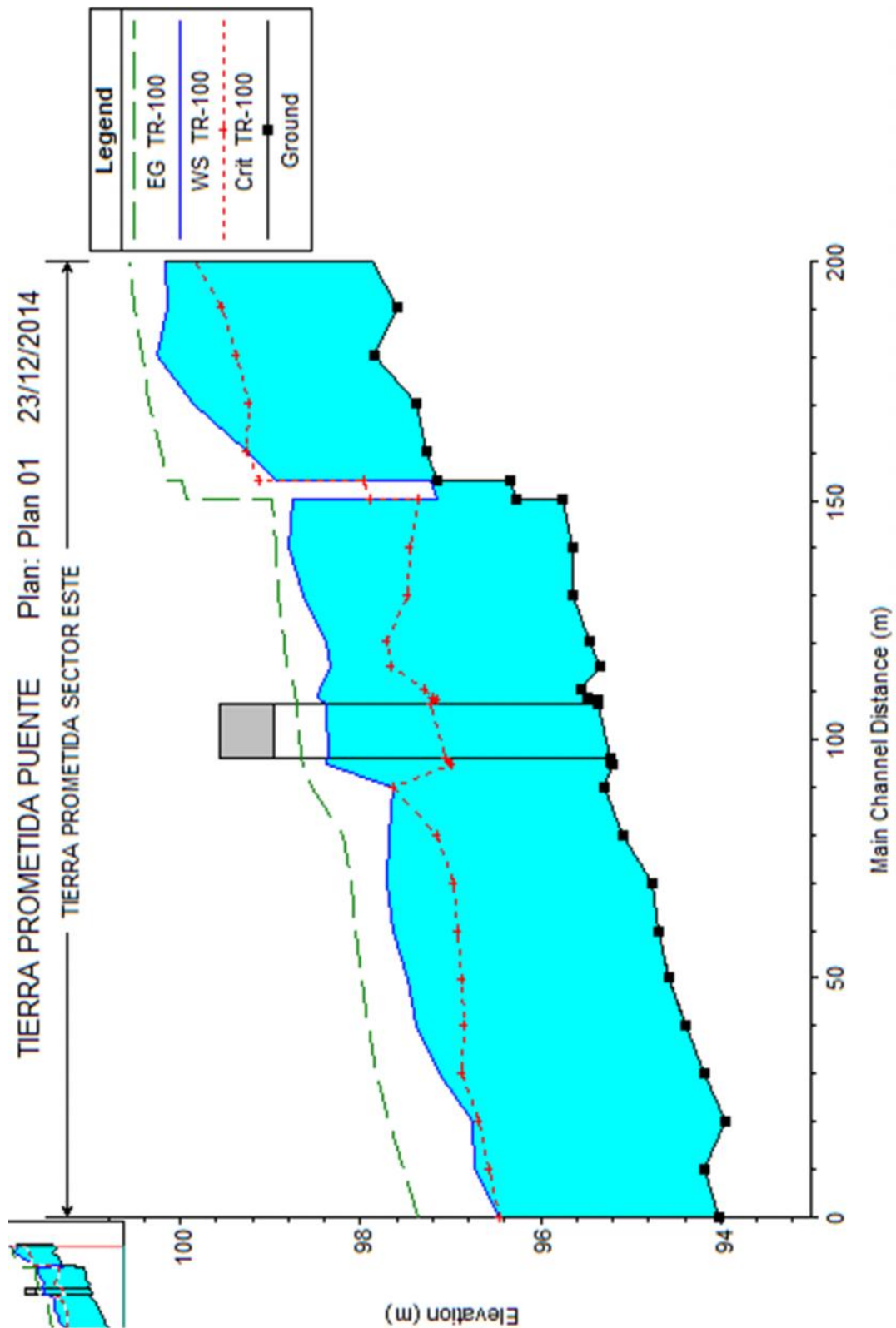
Al aplicarse el método anterior para determinar el valor del n , deben considerarse algunos aspectos. El método no considere el efecto del sedimento en suspensión y la carga del lecho.

ANEXO H

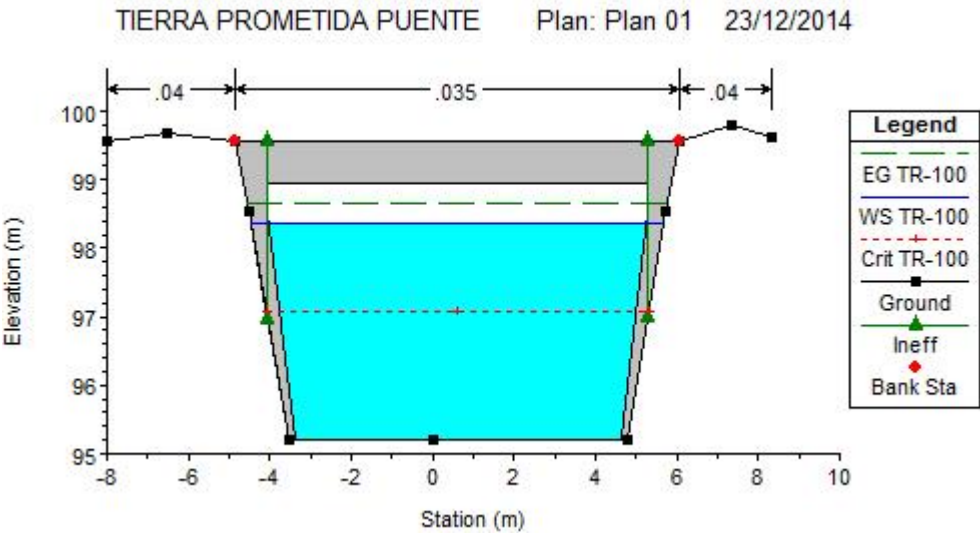
RESULTADOS DE HEC-RAS

PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.

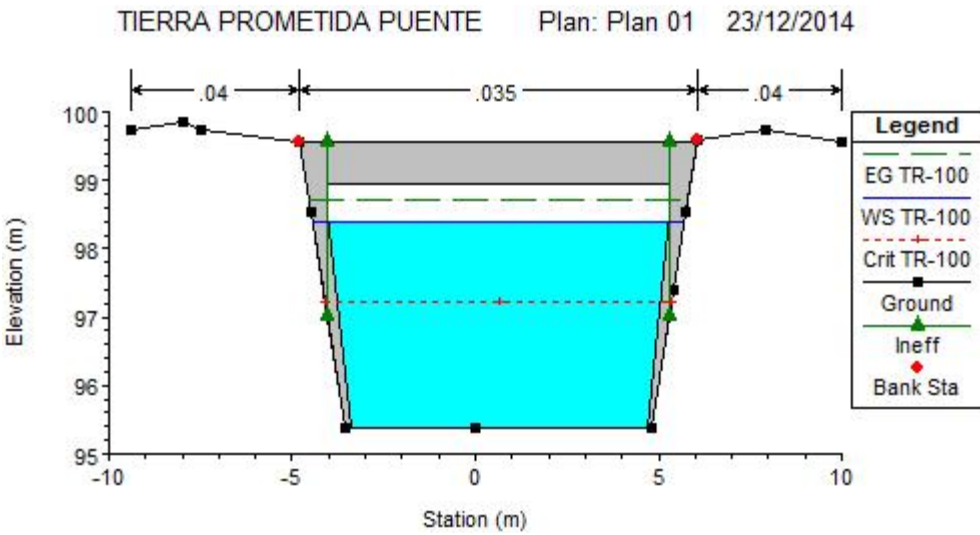
PERFIL DEL CAUCE TR-100



SECCIÓN AGUAS ARRIBA DEL PUENTE TR-100



SECCIÓN AGUAS ABAJO DEL PUENTE TR-100

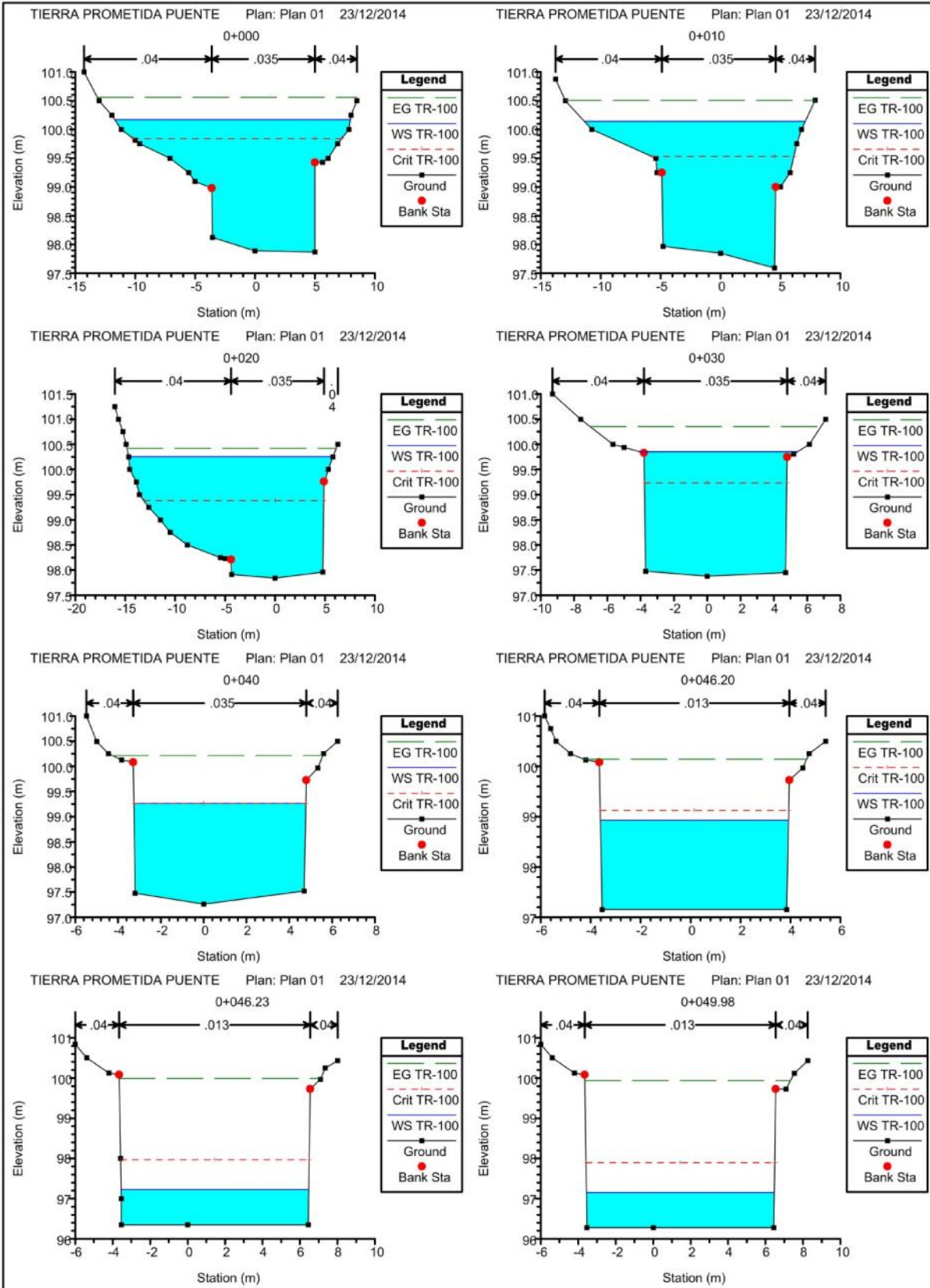


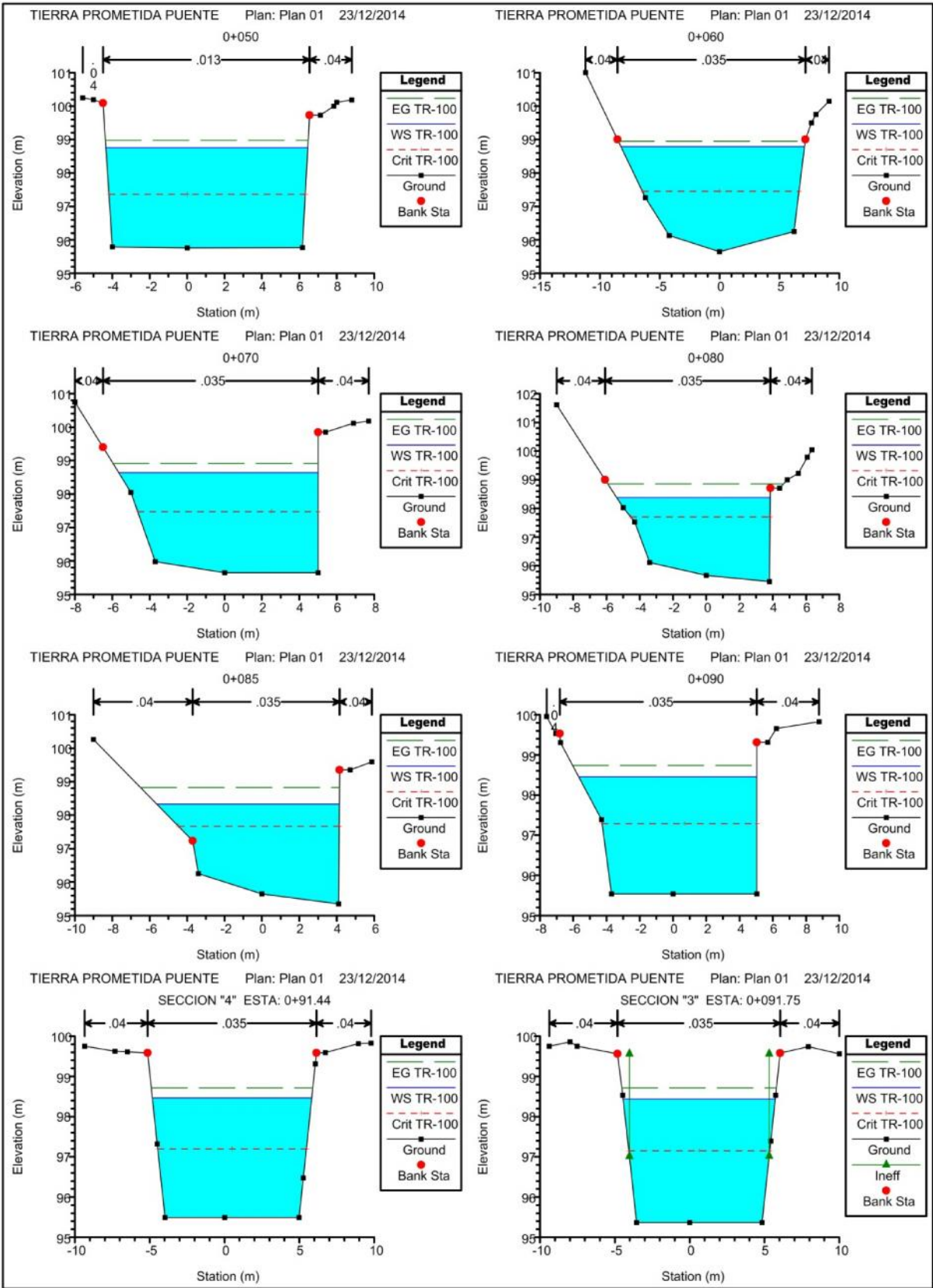
River:	TIERRA PROMETIDA	Profile:	TR-100	
Reach	SECTOR ESTE	RS:	100	Plan: Plan 01
Plan: Plan 01 TIERRA PROMETIDA SECTOR ESTE RS: 100 Profile: TR-100				
E.G. US. (m)	98.71	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	98.44	E.G. Elev (m)	98.70	98.65
Q Total (m3/s)	64.70	W.S. Elev (m)	98.39	98.36
Q Bridge (m3/s)	64.70	Crit W.S. (m)	97.21	97.07
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.02	3.15
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.47	2.38
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	26.21	27.20
Weir Submerg		Froude # Chl	0.47	0.44
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	54.92	57.43
Min El Weir Flow (m)	99.57	Hydr Depth (m)	2.82	2.93
Min El Prs (m)	98.95	W.P. Total (m)	15.63	15.82
Delta EG (m)	0.08	Conv. Total (m3/s)	1057.0	1115.2
Delta W/S (m)	0.07	Top Width (m)	9.33	9.32
BR Open Area (m2)	31.48	Frctn Loss (m)	0.04	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.47	C & E Loss (m)	0.01	0.01
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	61.61	56.74
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	-448.86	-381.98

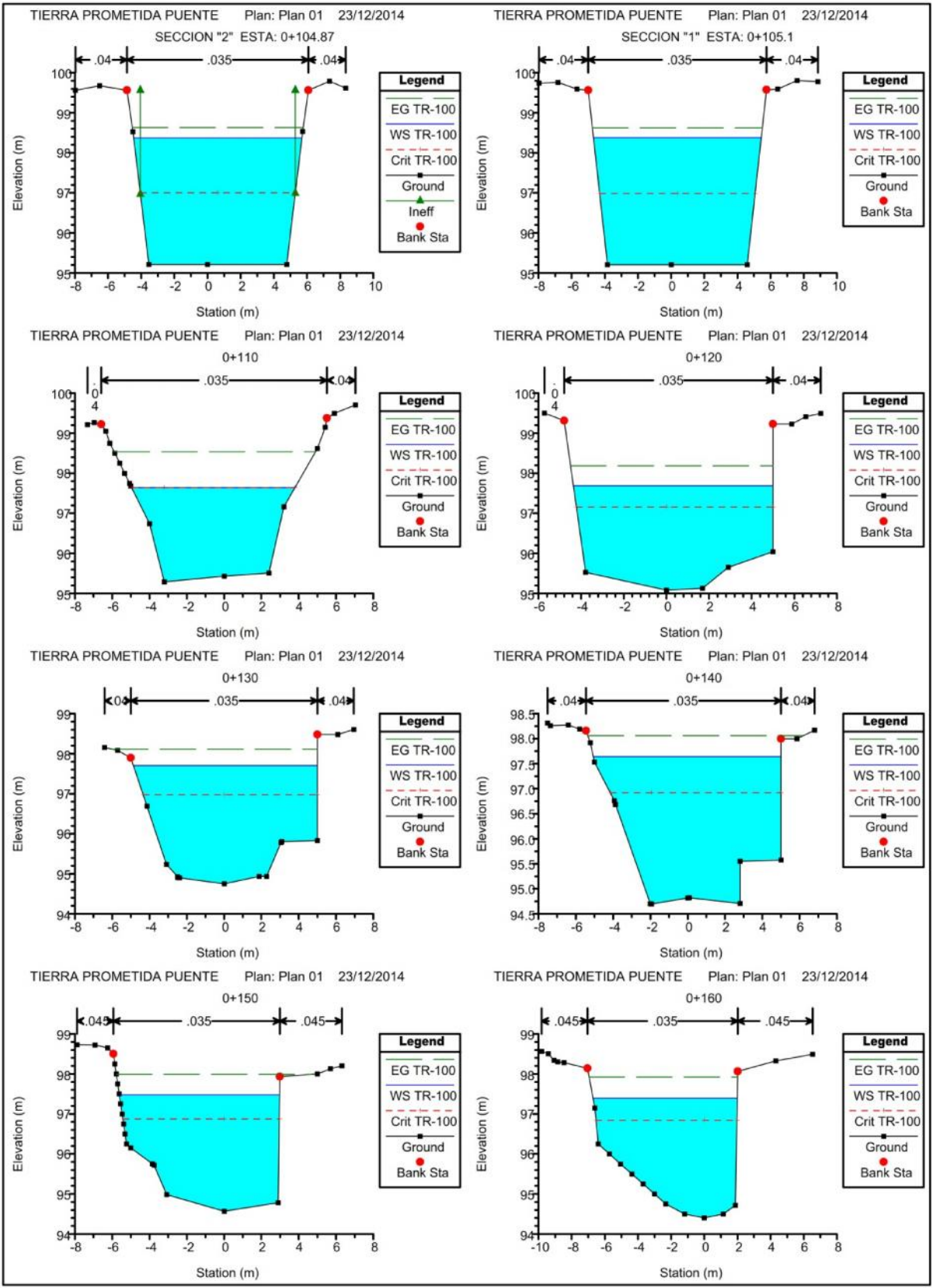
RESULTADOS DEL ANÁLISIS CON PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS PARA CADA SECCIÓN.

TABLA-RESUMEN

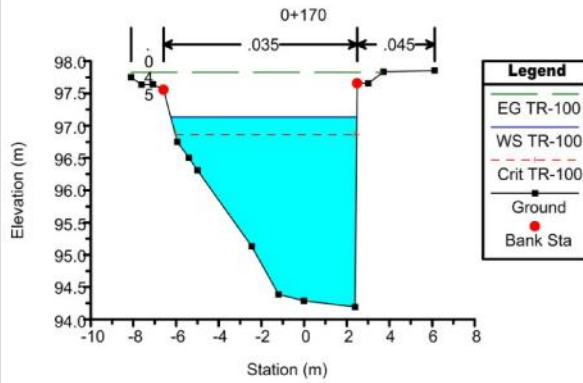
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
SECTOR ESTE	200	TR-100	64.70	97.87	100.17	99.84	100.56	0.004980	2.93	25.93	19.63	0.63
SECTOR ESTE	190	TR-100	64.70	97.59	100.14	99.53	100.51	0.004152	2.75	26.28	18.43	0.58
SECTOR ESTE	180	TR-100	64.70	97.84	100.25	99.38	100.42	0.001989	1.98	37.20	20.44	0.41
SECTOR ESTE	170	TR-100	64.70	97.38	99.85	99.23	100.35	0.006489	3.13	20.72	9.50	0.64
SECTOR ESTE	160	TR-100	64.70	97.26	99.27	99.27	100.21	0.015831	4.31	15.02	8.04	1.01
SECTOR ESTE	153.8	TR-100	64.70	97.15	98.93	99.12	100.14	0.003133	4.89	13.24	7.53	1.18
SECTOR ESTE	153.77	TR-100	64.70	96.35	97.23	97.97	99.99	0.013486	7.36	8.79	10.02	2.51
SECTOR ESTE	150.02	TR-100	64.70	96.28	97.15	97.89	99.93	0.013610	7.38	8.76	10.04	2.52
SECTOR ESTE	150	TR-100	64.70	95.76	98.75	97.36	98.97	0.000299	2.07	31.29	10.80	0.39
SECTOR ESTE	140	TR-100	64.70	95.65	98.79	97.45	98.95	0.001477	1.76	36.67	15.34	0.36
SECTOR ESTE	130	TR-100	64.70	95.65	98.64	97.47	98.92	0.002965	2.34	27.67	10.65	0.46
SECTOR ESTE	120	TR-100	64.70	95.45	98.38	97.71	98.85	0.006128	3.06	21.15	9.23	0.65
SECTOR ESTE	115	TR-100	64.70	95.35	98.33	97.67	98.82	0.005740	3.14	21.27	9.76	0.62
SECTOR ESTE	110	TR-100	64.70	95.54	98.45	97.29	98.74	0.003151	2.36	27.40	10.71	0.47
SECTOR ESTE	108.56	TR-100	64.70	95.49	98.47	97.20	98.72	0.002513	2.22	29.18	10.64	0.43
SECTOR ESTE	108.25	TR-100	64.70	95.37	98.44	97.15	98.71	0.002101	2.32	27.87	10.17	0.43
SECTOR ESTE	100		Bridge									
SECTOR ESTE	95.13	TR-100	64.70	95.21	98.37	97.00	98.63	0.001971	2.26	28.58	10.15	0.41
SECTOR ESTE	94.9	TR-100	64.70	95.21	98.38	96.99	98.62	0.002418	2.20	29.40	10.12	0.41
SECTOR ESTE	90	TR-100	64.70	95.29	97.64	97.64	98.54	0.013930	4.19	15.46	8.75	1.01
SECTOR ESTE	80	TR-100	64.70	95.08	97.69	97.16	98.19	0.006319	3.12	20.72	9.37	0.67
SECTOR ESTE	70	TR-100	64.70	94.76	97.70	96.97	98.11	0.004862	2.83	22.85	9.86	0.59
SECTOR ESTE	60	TR-100	64.70	94.70	97.64	96.92	98.06	0.005385	2.86	22.61	10.06	0.61
SECTOR ESTE	50	TR-100	64.70	94.57	97.48	96.87	97.99	0.006405	3.16	20.45	8.60	0.65
SECTOR ESTE	40	TR-100	64.70	94.40	97.39	96.84	97.92	0.006737	3.22	20.09	8.71	0.68
SECTOR ESTE	30	TR-100	64.70	94.19	97.13	96.86	97.82	0.010337	3.68	17.58	8.72	0.83
SECTOR ESTE	20	TR-100	64.70	93.94	96.76	96.68	97.68	0.014242	4.24	15.25	7.50	0.95
SECTOR ESTE	10	TR-100	64.70	94.18	96.72	96.56	97.51	0.011931	3.93	16.47	8.37	0.89
SECTOR ESTE	0	TR-100	64.70	94.02	96.45	96.45	97.37	0.014557	4.23	15.29	8.49	1.01



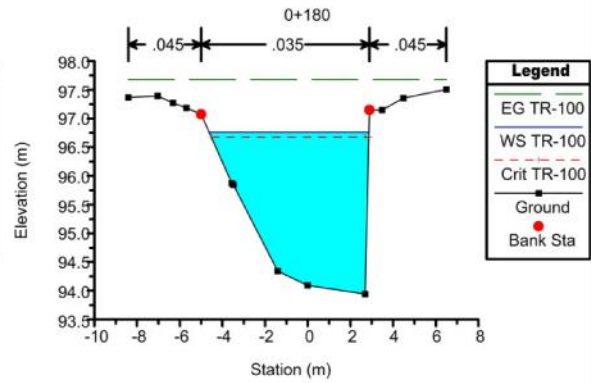




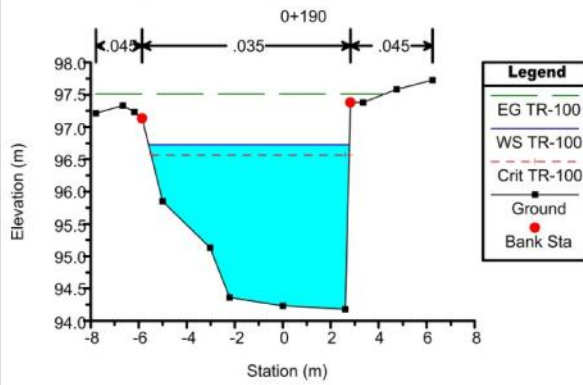
TIERRA PROMETIDA PUENTE Plan: Plan 01 23/12/2014



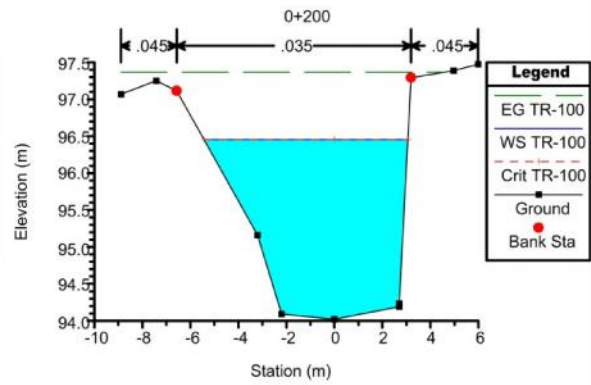
TIERRA PROMETIDA PUENTE Plan: Plan 01 23/12/2014



TIERRA PROMETIDA PUENTE Plan: Plan 01 23/12/2014

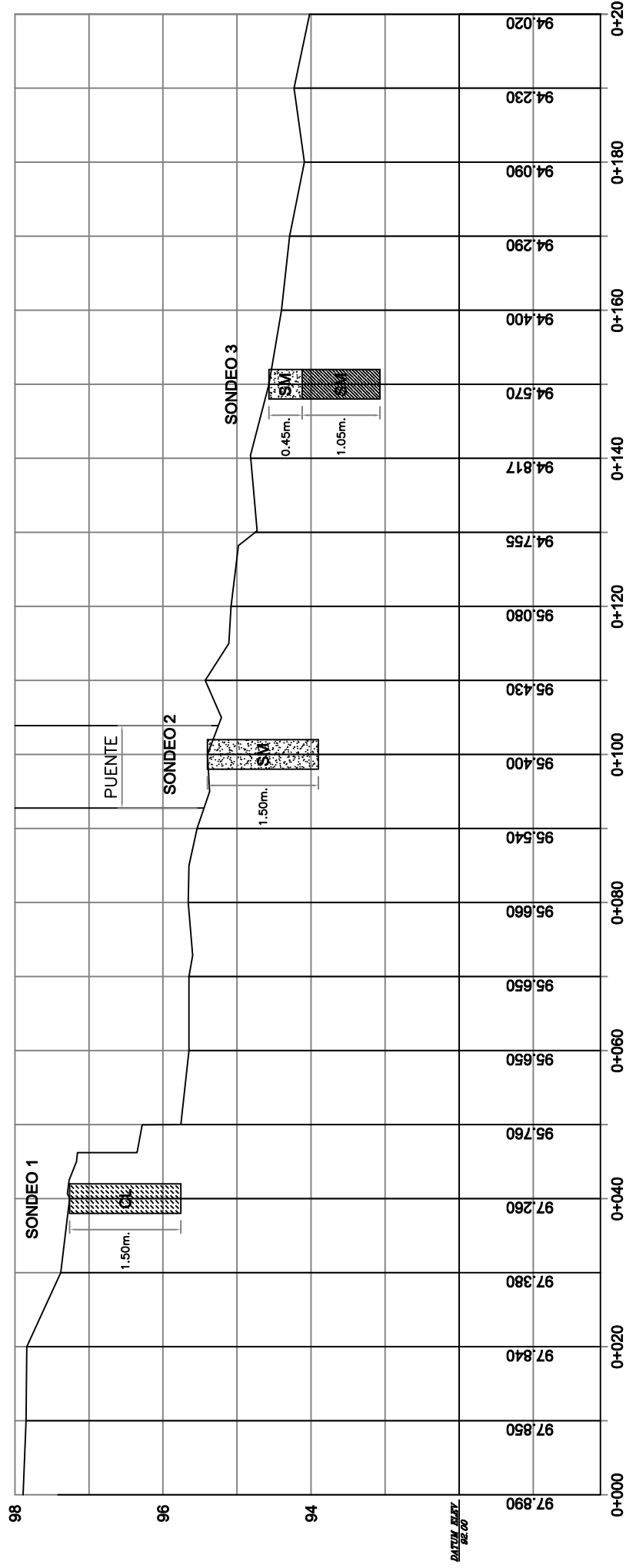


TIERRA PROMETIDA PUENTE Plan: Plan 01 23/12/2014



ANEXO I

ESTUDIOS DE SUELOS.

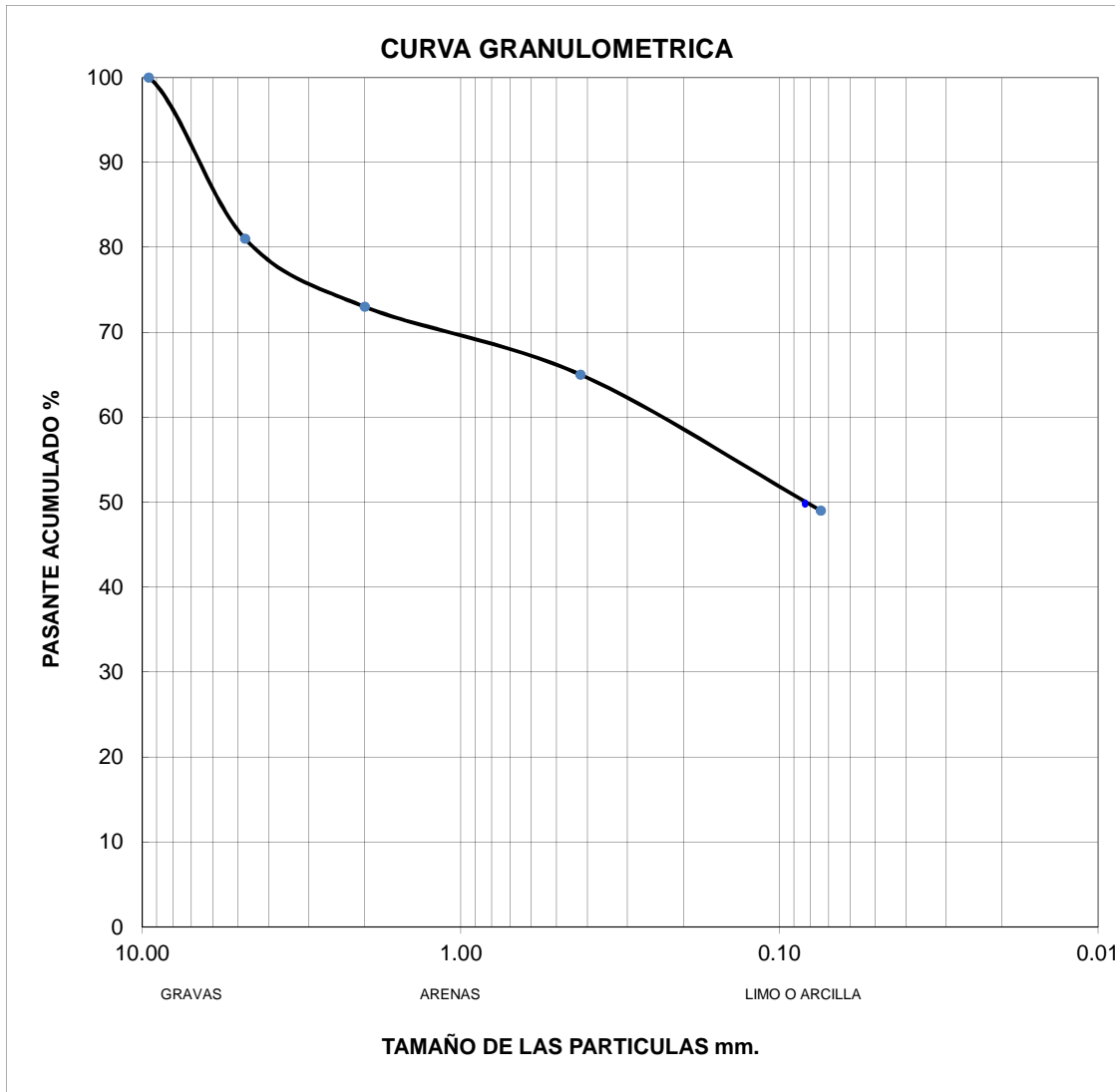


SONDEOS MANUALES

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
ANALISIS GRANULOMETRICO**

NOMBRE DEL PROYECTO: Monografía estudio Hidrotecnico Tierra prometida **Fecha:** 22/08/2014
SONDEO: 1 **ESTACIÓN:** 0+040
PROF: 1 - 1.50

N TAMIZ"	FAC MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3/4	19.04	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	536.56	19.00	19.00	81.00
10	2.00	225.92	8.00	27.00	73.00
40	0.42	225.92	8.00	35.00	65.00
200	0.07	451.84	16.00	51.00	49.00
FONDO		1,383.76	49.00	100.00	0.00
TOTAL		2824.00	100.00		

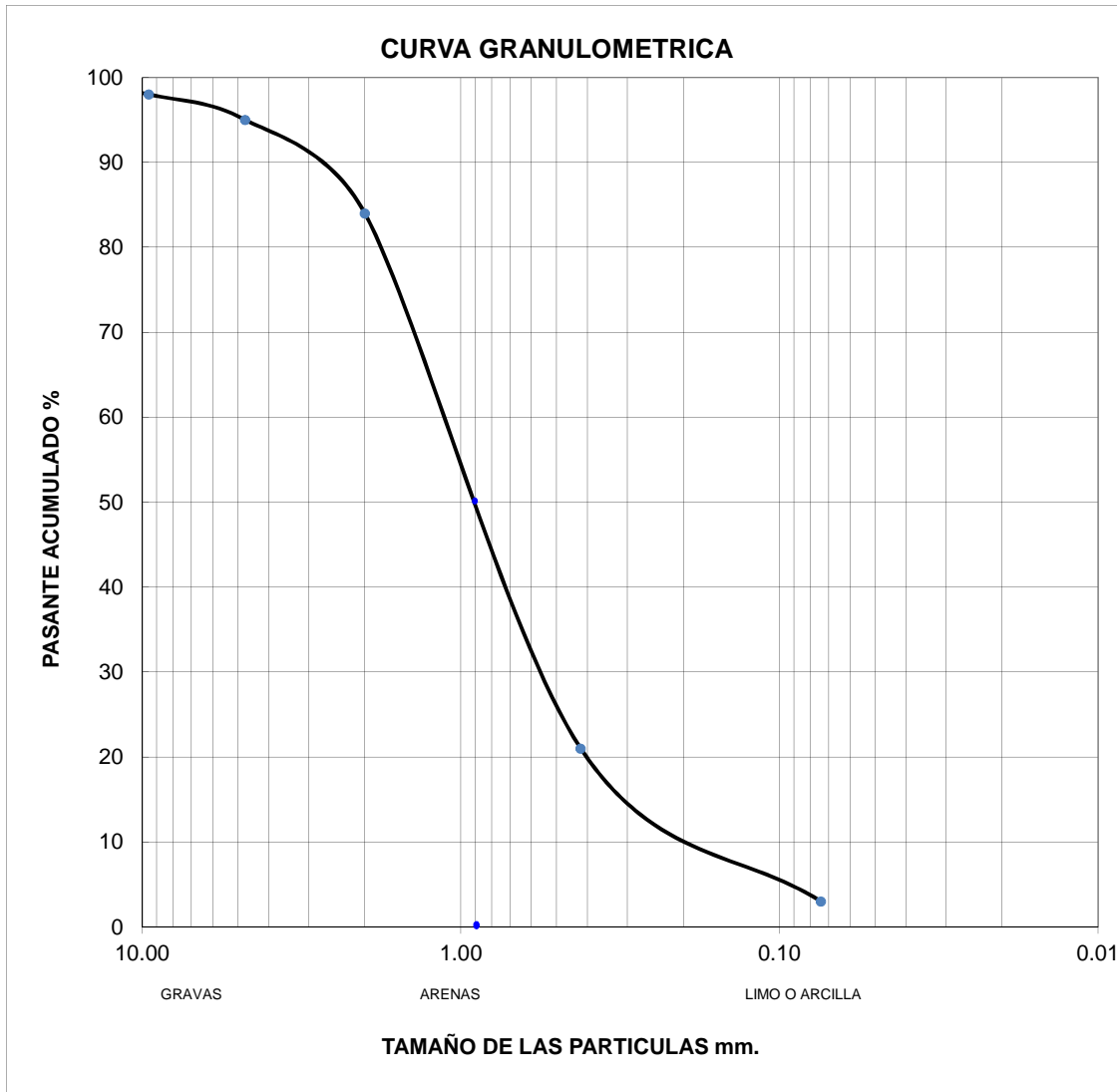


D50 (mm)	0.085
Límite Líquido (%)	50
Índice Plástico (%)	22
Clasificación ASTM D-2487	CL
Peso Volumétrico (Kg/m ³)	1,852

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
ANALISIS GRANULOMETRICO**

NOMBRE DEL PROYECTO: Monografía estudio Hidrotecnico Tierra prometida **Fecha:** 22/08/2014
SONDEO: 2 **ESTACIÓN:** 0+100
PROF: 0 - 1.5

N TAMIZ"	FAC MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3/4	19.04	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.52	72.53	2.00	2.00	98.00
4	4.75	108.80	3.00	5.00	95.00
10	2.00	398.93	11.00	16.00	84.00
40	0.42	2,284.76	63.00	79.00	21.00
200	0.07	652.79	18.00	97.00	3.00
FONDO		108.80	3.00	100.00	0.00
TOTAL		3626.60	100.00		

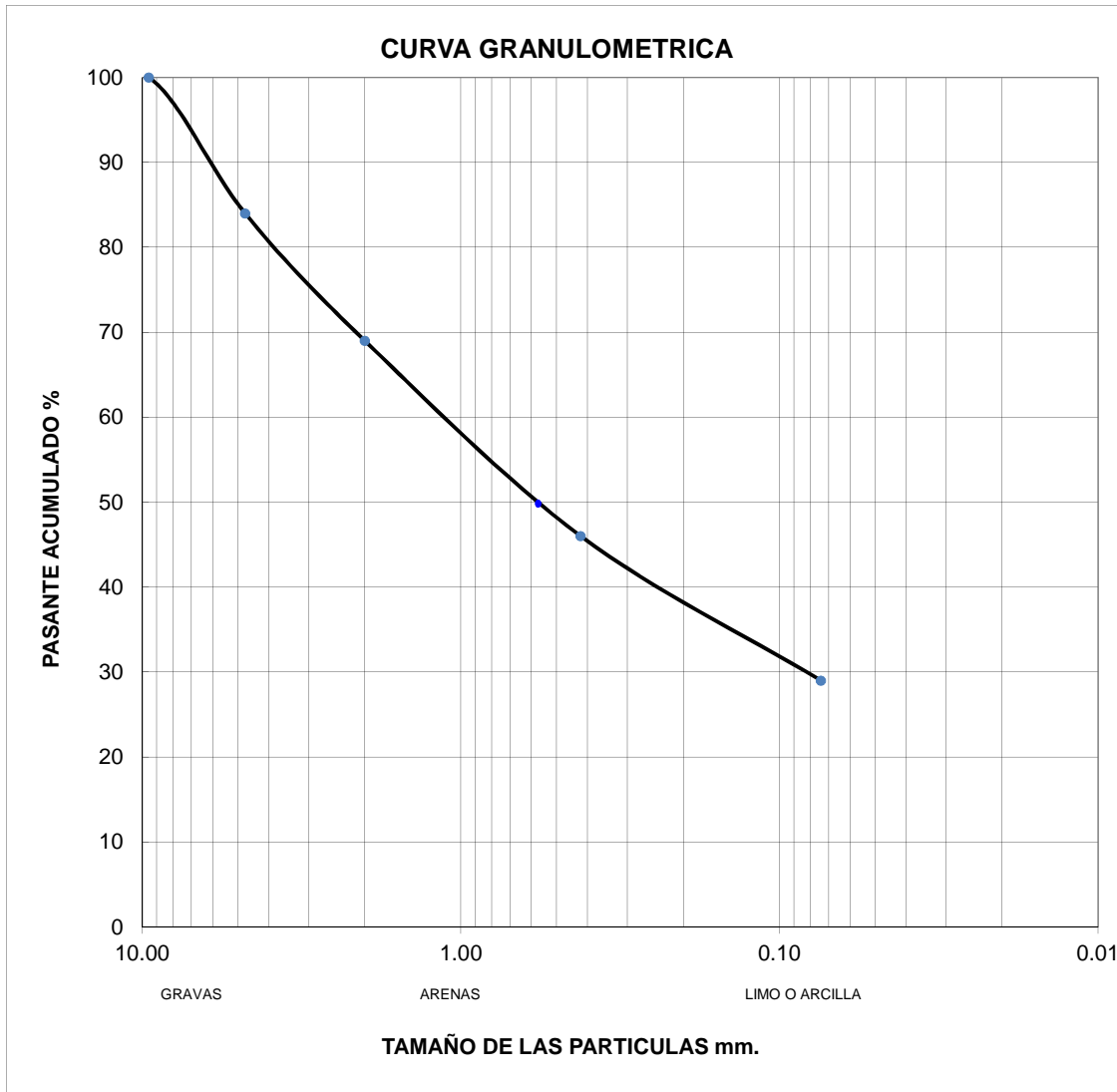


D50 (mm)	0.9
Límite Líquido (%)	--
Índice Plástico (%)	N.P.
Clasificación ASTM D-2487	SM
Peso Volumétrico (Kg/m3)	1,345

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
ANALISIS GRANULOMETRICO**

NOMBRE DEL PROYECTO: Monografía estudio Hidrotecnico Tierra prometida **Fecha:** 22/08/2014
SONDEO: 3 (1) **ESTACIÓN:** 0+150
PROF: 0 - 0.45

N TAMIZ"	FAC MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3/4	19.04	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	583.41	16.00	16.00	84.00
10	2.00	546.95	15.00	31.00	69.00
40	0.42	838.65	23.00	54.00	46.00
200	0.07	619.87	17.00	71.00	29.00
FONDO		1,057.43	29.00	100.00	0.00
TOTAL		3646.30	100.00		

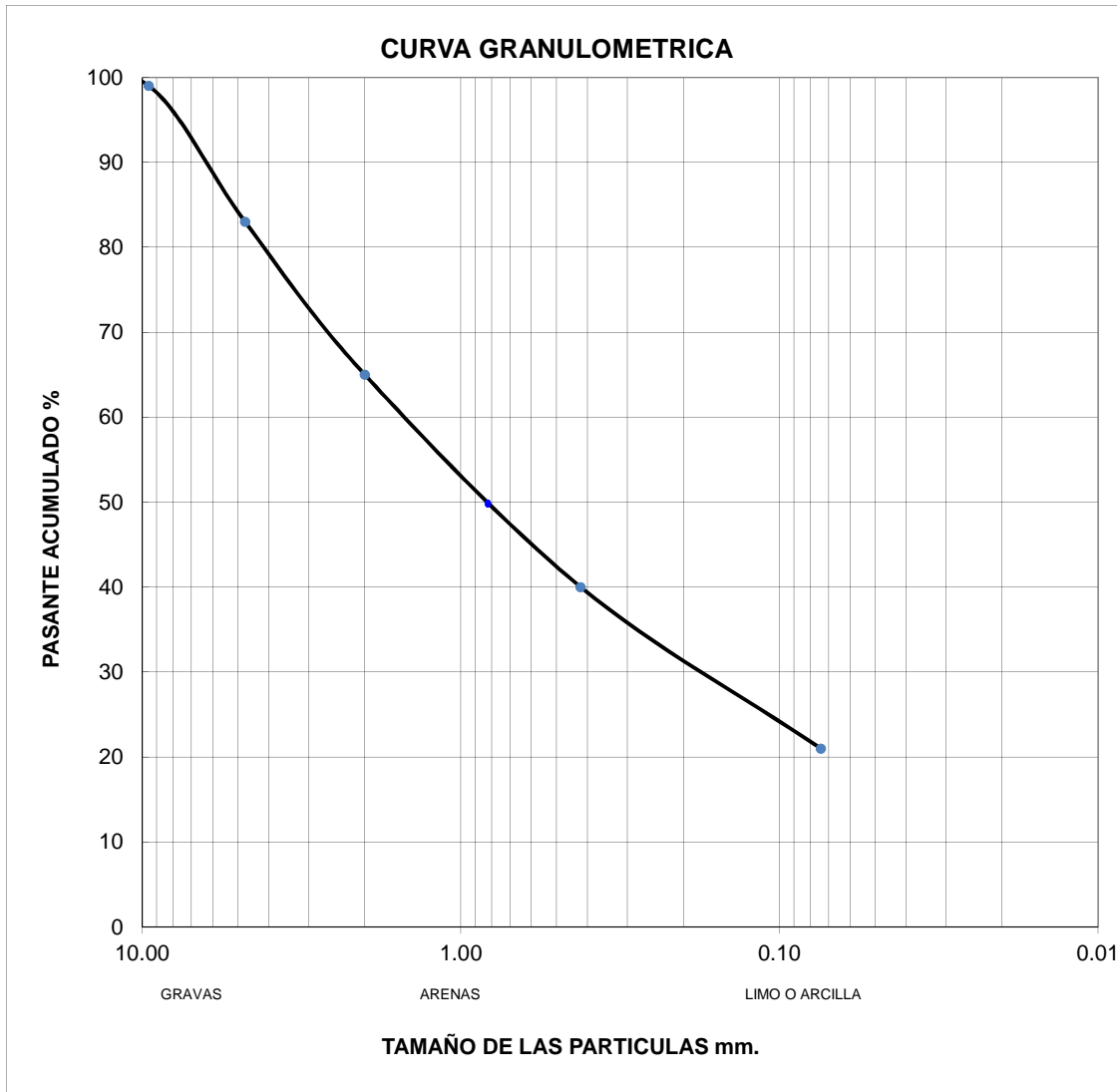


D50 (mm)	0.6
Límite Líquido (%)	30
Índice Plástico (%)	3
Clasificación ASTM D-2487	SM
Peso Volumétrico (Kg/m ³)	1,657

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
ANALISIS GRANULOMETRICO**

NOMBRE DEL PROYECTO: Monografía estudio Hidrotecnico Tierra prometida **Fecha:** 22/08/2014
SONDEO: 3 (2) **ESTACIÓN:** 0+150
PROF: 0.45 - 1.5

N TAMIZ"	FAC MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3/4	19.04	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.52	29.87	1.00	1.00	99.00
4	4.75	477.97	16.00	17.00	83.00
10	2.00	537.71	18.00	35.00	65.00
40	0.42	746.83	25.00	60.00	40.00
200	0.07	567.59	19.00	79.00	21.00
FONDO		627.33	21.00	100.00	0.00
TOTAL		2987.30	100.00		



D50 (mm)	0.83
Límite Líquido (%)	--
Índice Plástico (%)	NP
Clasificación ASTM D-2487	SM
Peso Volumétrico (Kg/m ³)	1,616

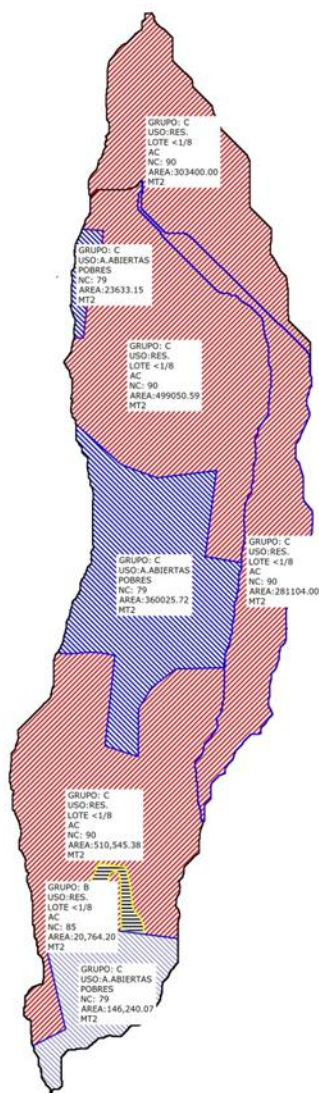
ANEXO J

**VALORACIÓN HIDROLOGICA E HIDRAULICA DE LA CUENCA
CON USO DE SUELO COMPLETAMENTE URBANO.**

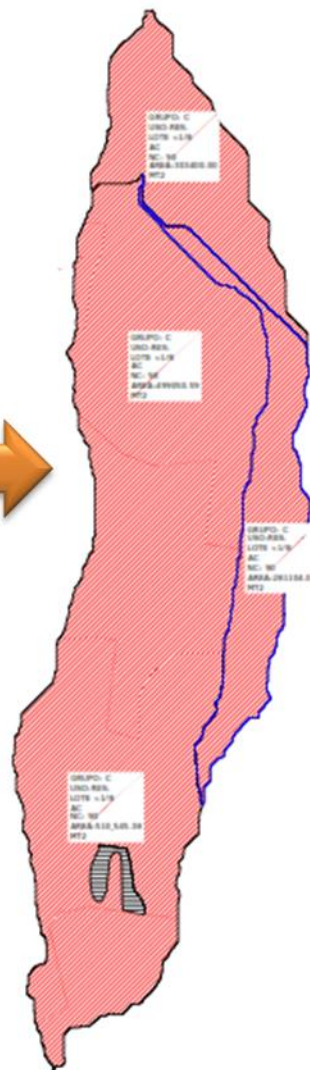
ANÁLISIS HIDROLÓGICO CON HEC – HMS v 3.4 PARA USO DE SUELO PROYECTADO

Para observar la influencia de un suelo impermeable sobre el caudal de salida se toma que el área de la subcuenca W50 es de uso residencial en su totalidad con lotes menores 1/8 de acre. El valor respectivo del Número de Curva para la subcuenca W50 será equivalente a 90.

MAPA DE CLASIFICACIÓN POR USOS
Y TIPOS DE SUELOS.



MAPA DE CLASIFICACIÓN POR USOS
Y TIPOS DE SUELOS PROYECCION.



DETERMINACION DEL NUMERO DE CURVA

Grupo Hidrológico del Suelo	Descripción del uso de la tierra	CN	Area (m²)	Area*CN
W 40				
C	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	90	303400	-
NUMERO DE CURVA				90
W 50				
C	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	90	1009595.97	90863637.3
C	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	90	529898.94	47690904.6
B	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	85	20764.2	1764957
SUMA			1560259.11	140319498.9
NUMERO DE CURVA				90
W 60				
C	Residencial, Lotes menores de 1/8 de acre	90	281104	-
NUMERO DE CURVA				90

Curve Number Loss [CUENCATIERRAPROM]

Show Elements: All Elements Sorting: Hydrologic

Subbasin	Initial Abstraction (MM)	Curve Number	Impervious (%)
W60		90	0.0
W50		90	0.0
W40		90	0.0

Apply Close

SCS Transform[CUEN...

Show Elements: All Elements Sorting: Hydrologic

Subbasin	Lag Time (MIN)
W60	9.578
W50	11.768
W40	7.146

Apply Close

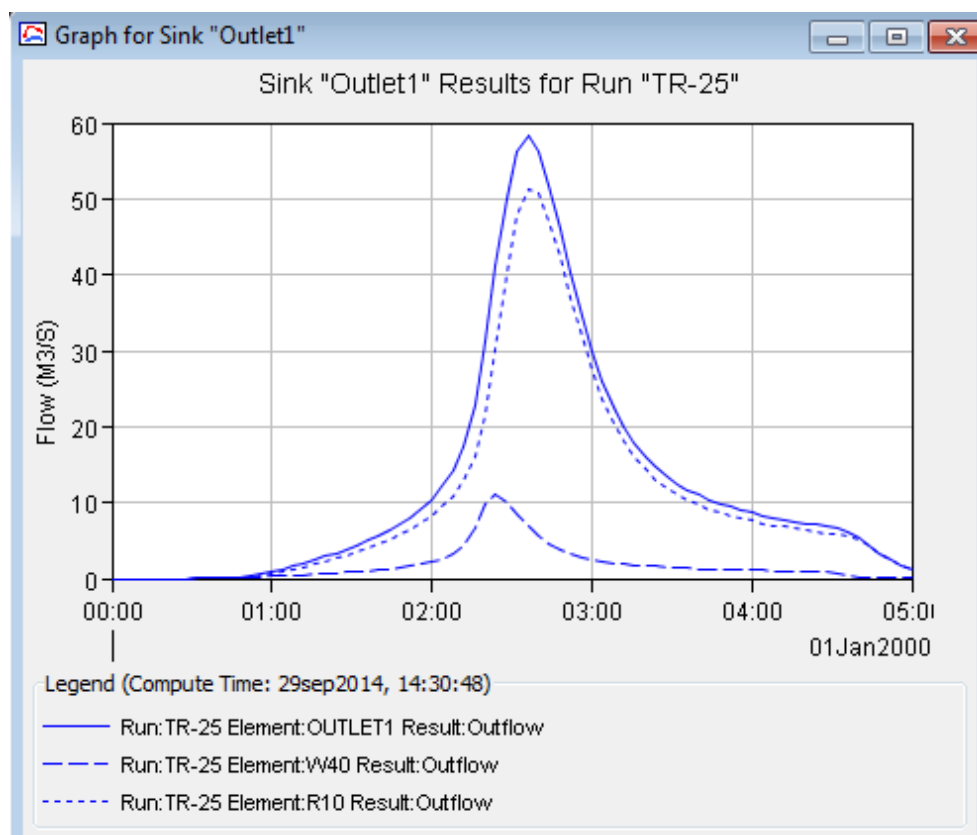
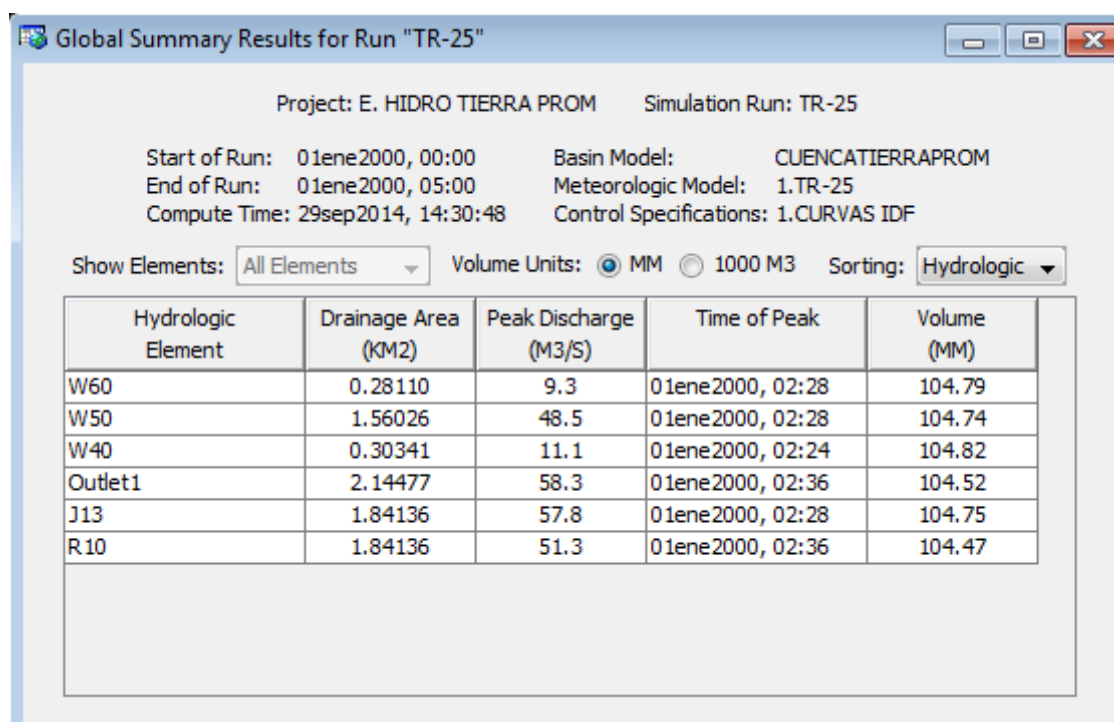
Muskingum Routing [CUENCATIERRAPROM]

Show Elements: All Elements Sorting: Hydrologic

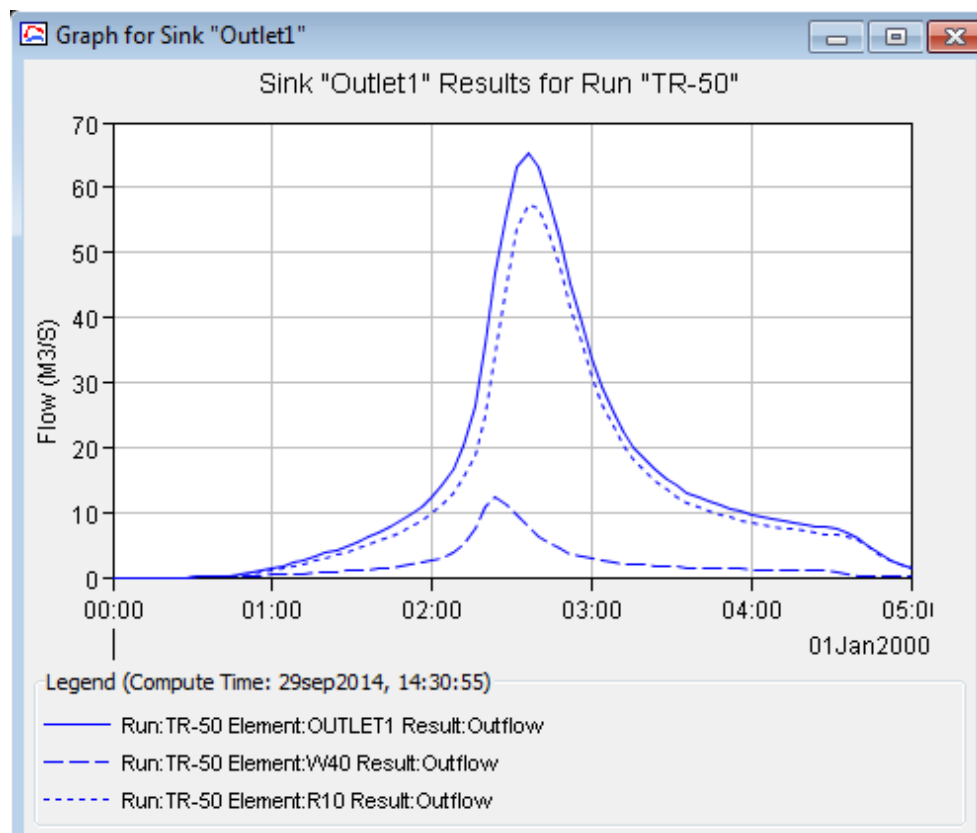
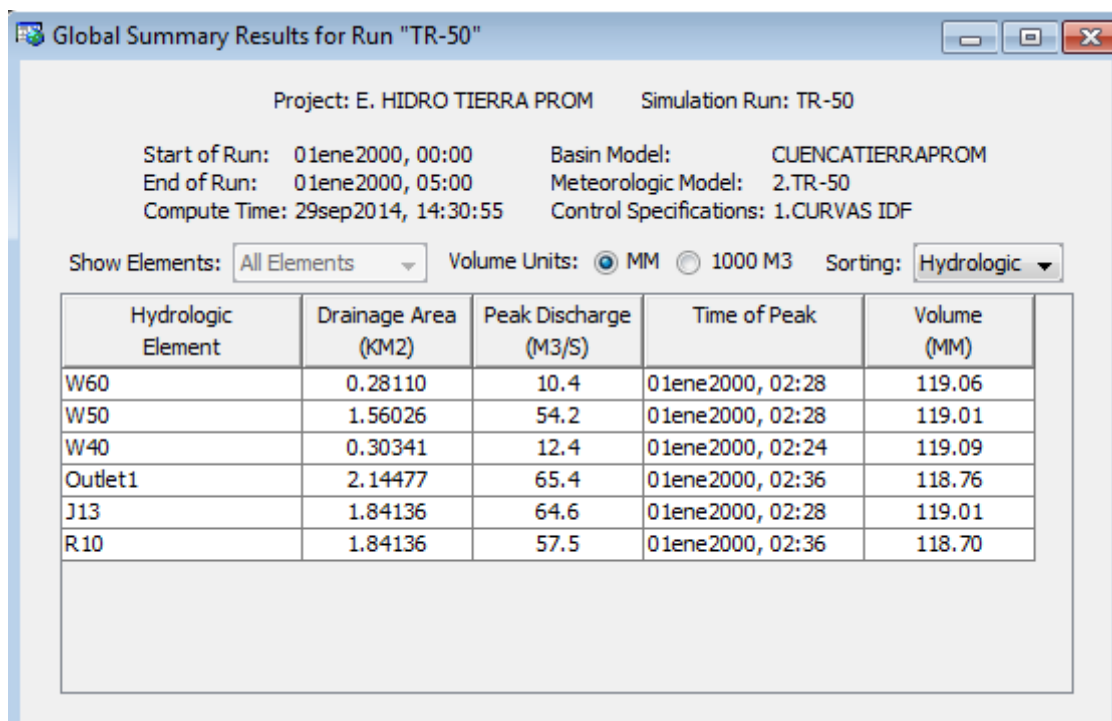
Reach	Muskingum K (HR)	Muskingum X	Number of Subreaches
R10	0.148	0.2	1

Apply Close

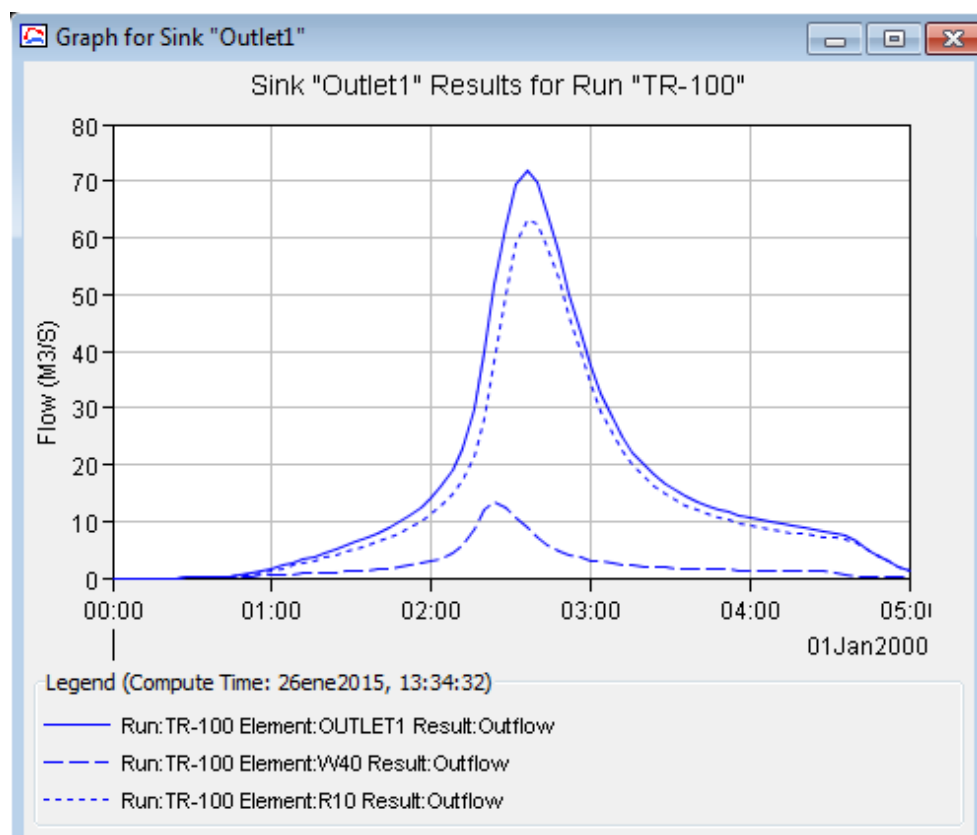
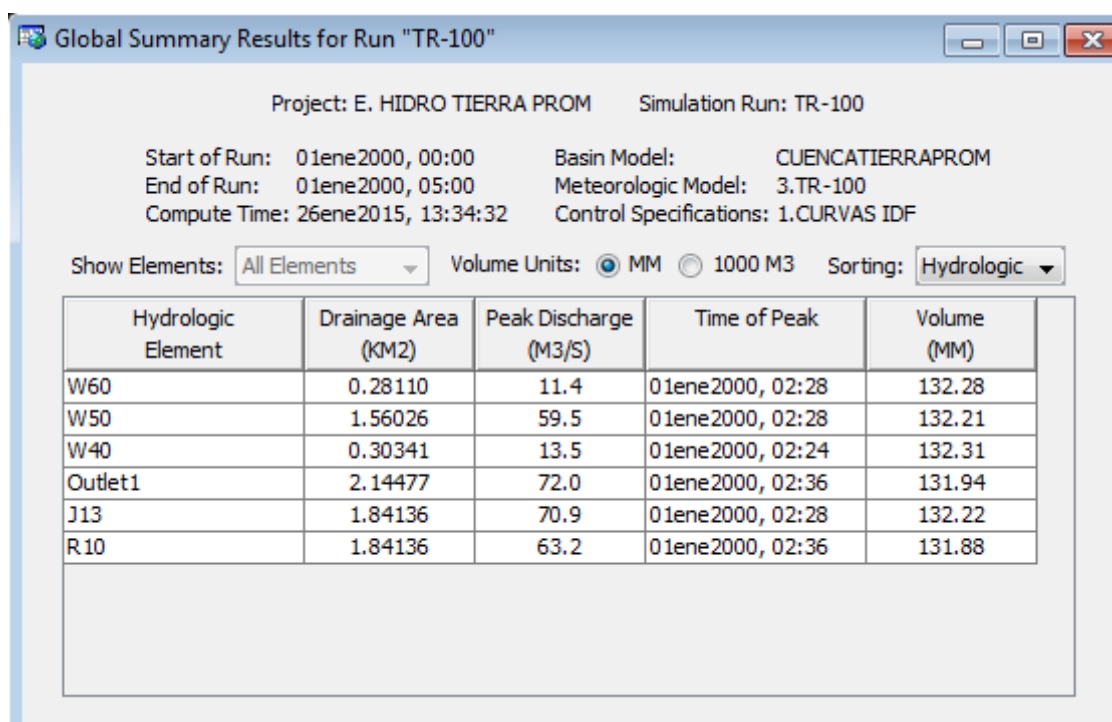
Los resultados en la salida para el Periodo de Retorno de 25 años se muestran en la tabla y el grafico siguiente:



Los resultados en la salida para el Periodo de Retorno de 50 años se muestran en la tabla y el grafico siguiente:

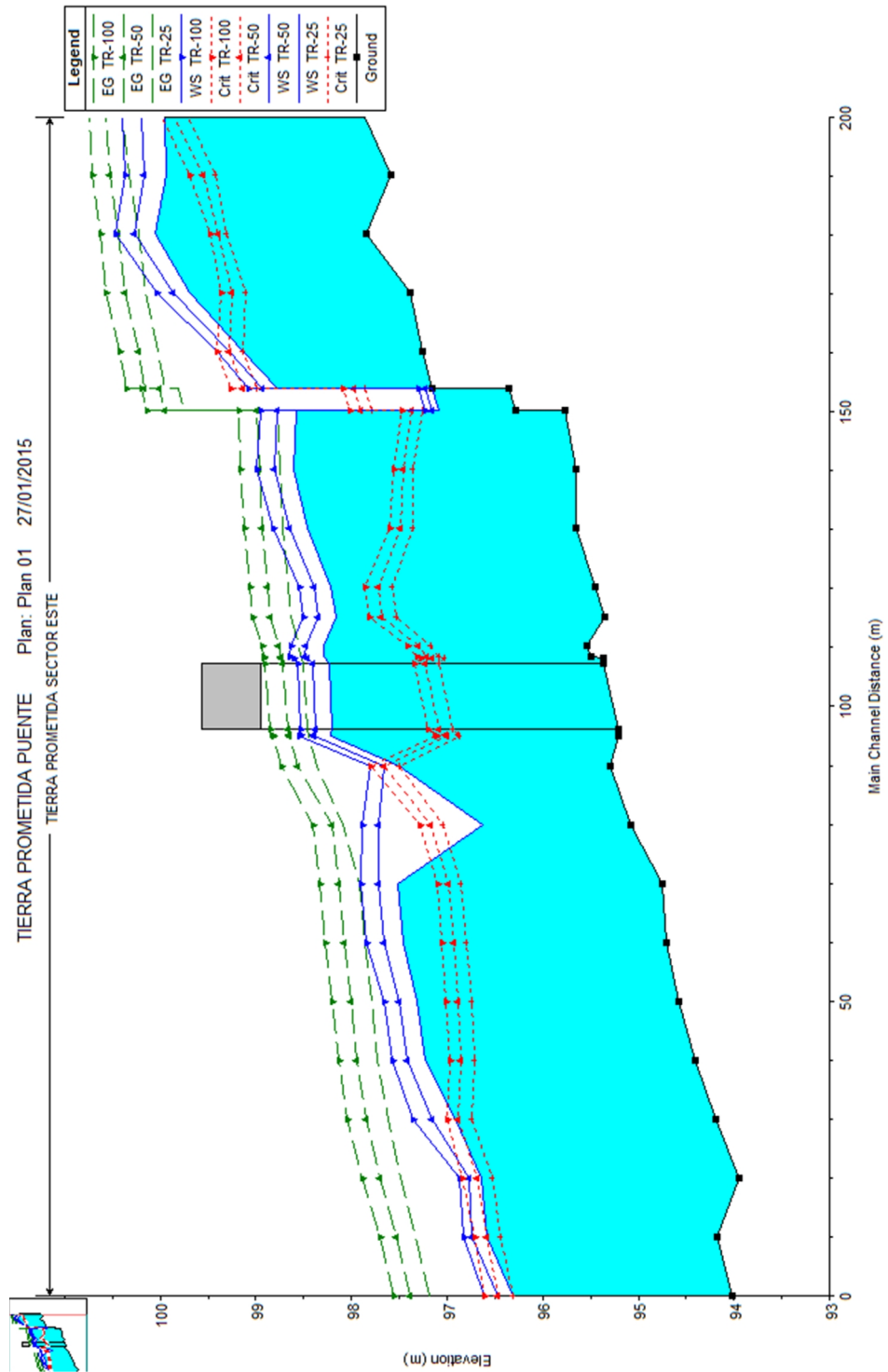


Los resultados en la salida para el Periodo de Retorno de 100 años se muestran en la tabla y el grafico siguiente:



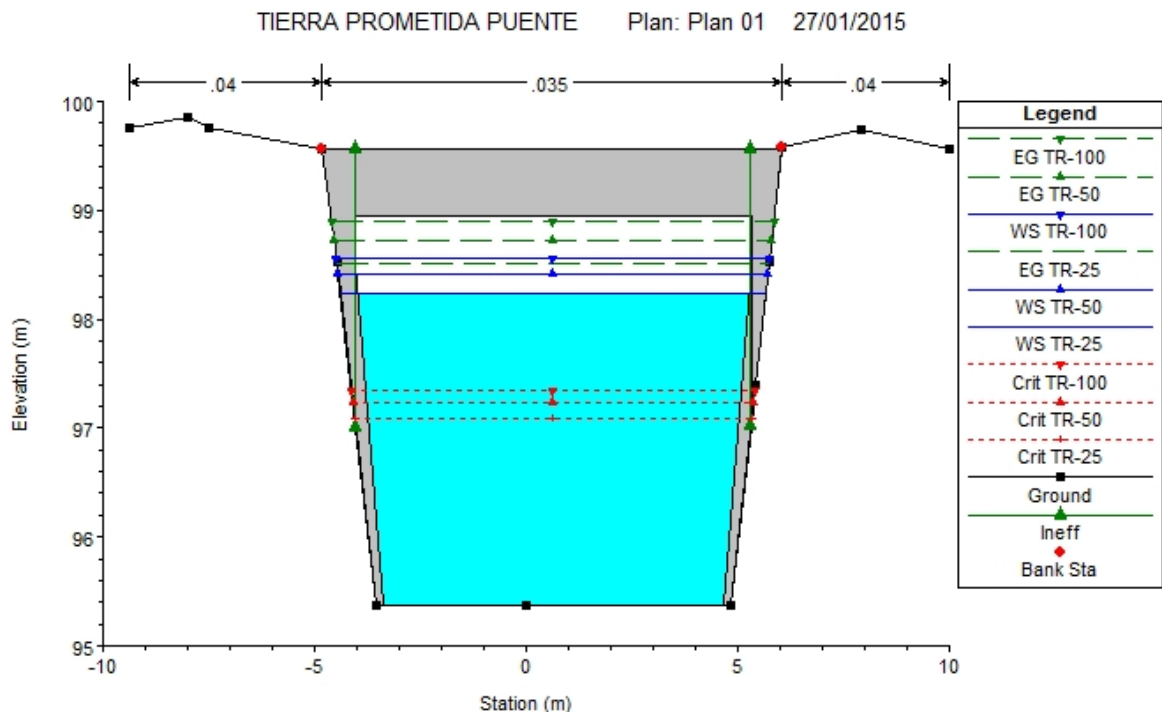
2. ANÁLISIS HIDRÁULICO CON HEC – RAS v 4.1.0 PARA USO DE SUELO COMPLETAMENTE URBANO

2.1. PERFIL DEL CAUCE.

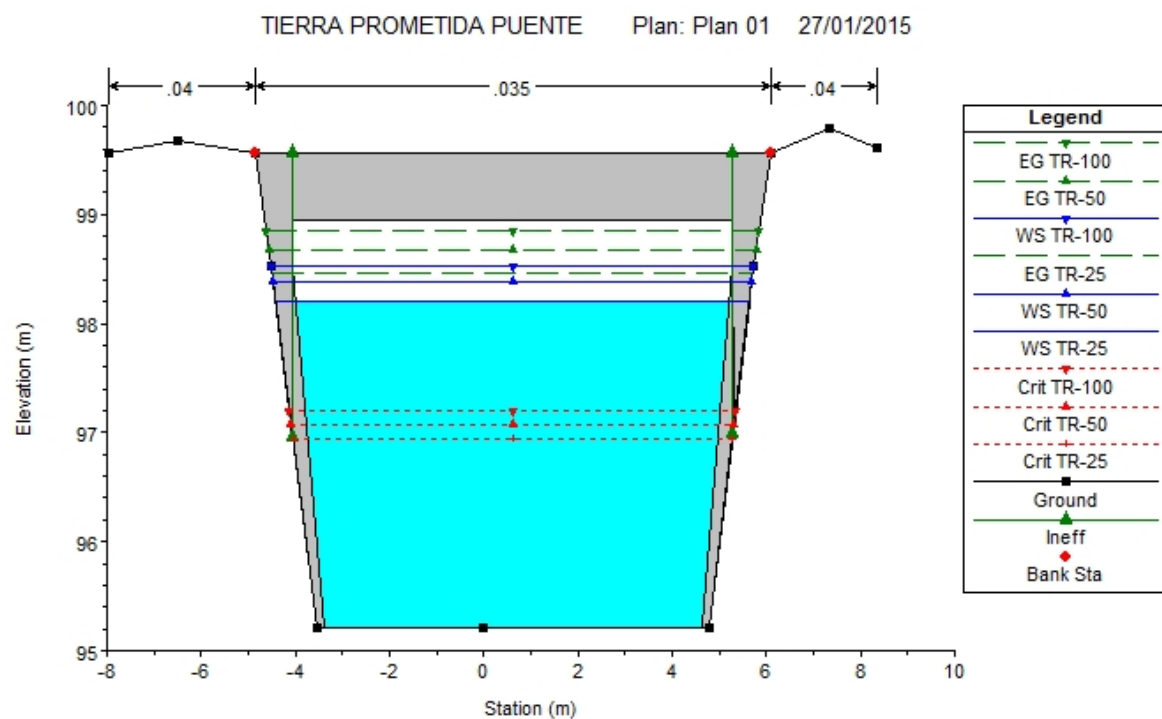


2.2. SECCIONES CERCANAS AL PUENTE

SECCIÓN AGUAS ARRIBA.



SECCIÓN AGUAS ARRIBA.

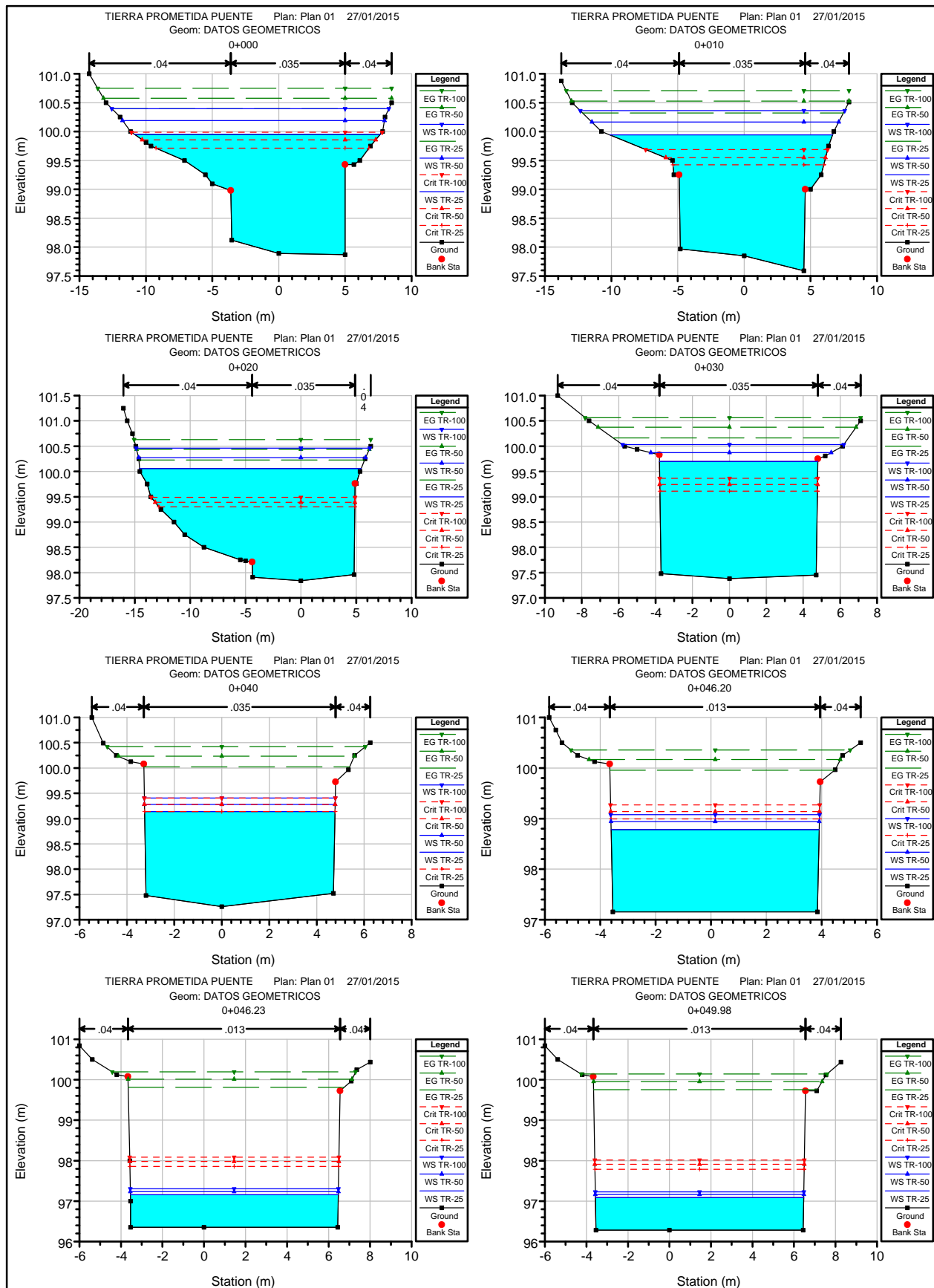


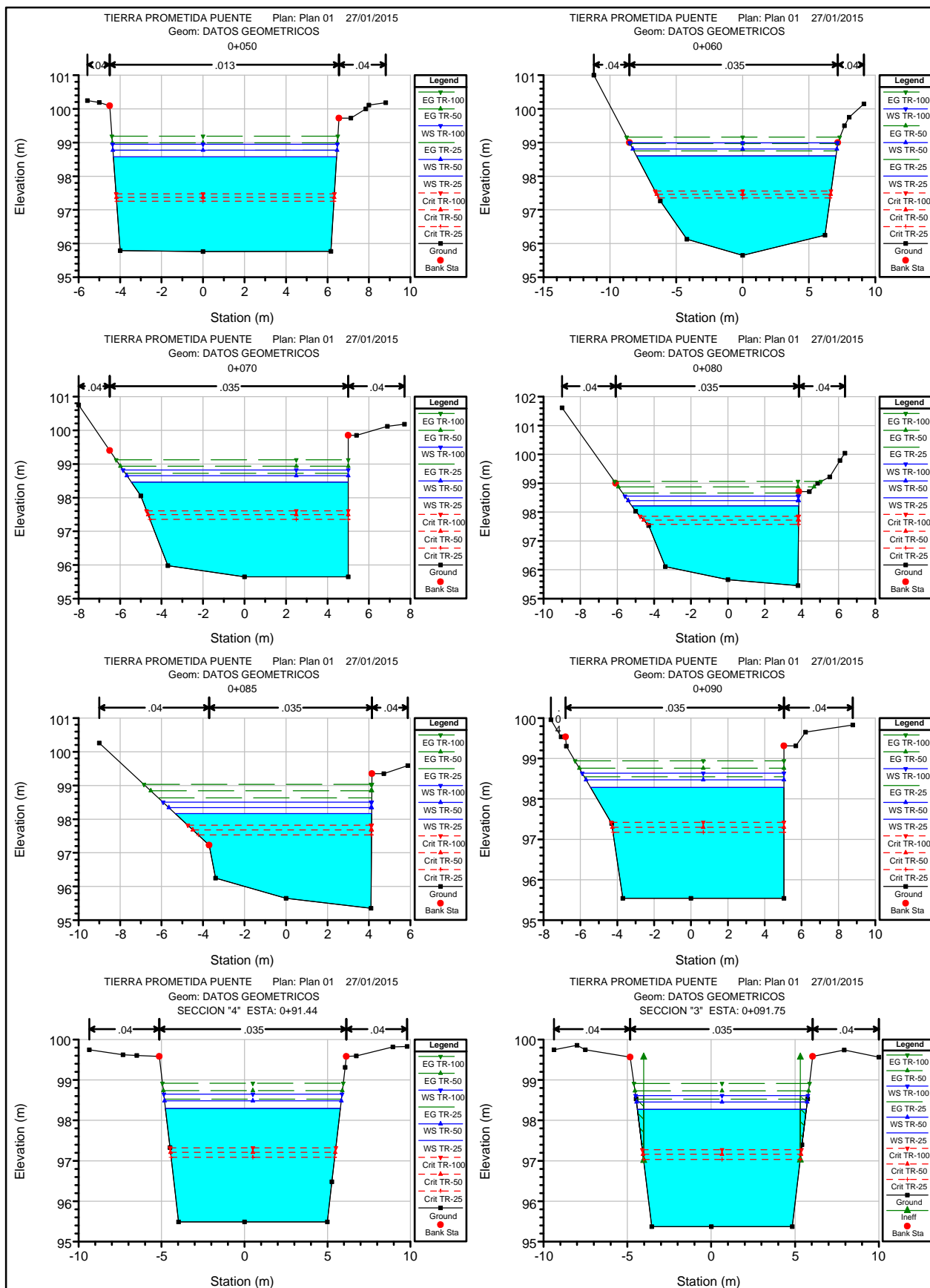
3.1. TABLA DE RESULTADOS DE SECCIONES.

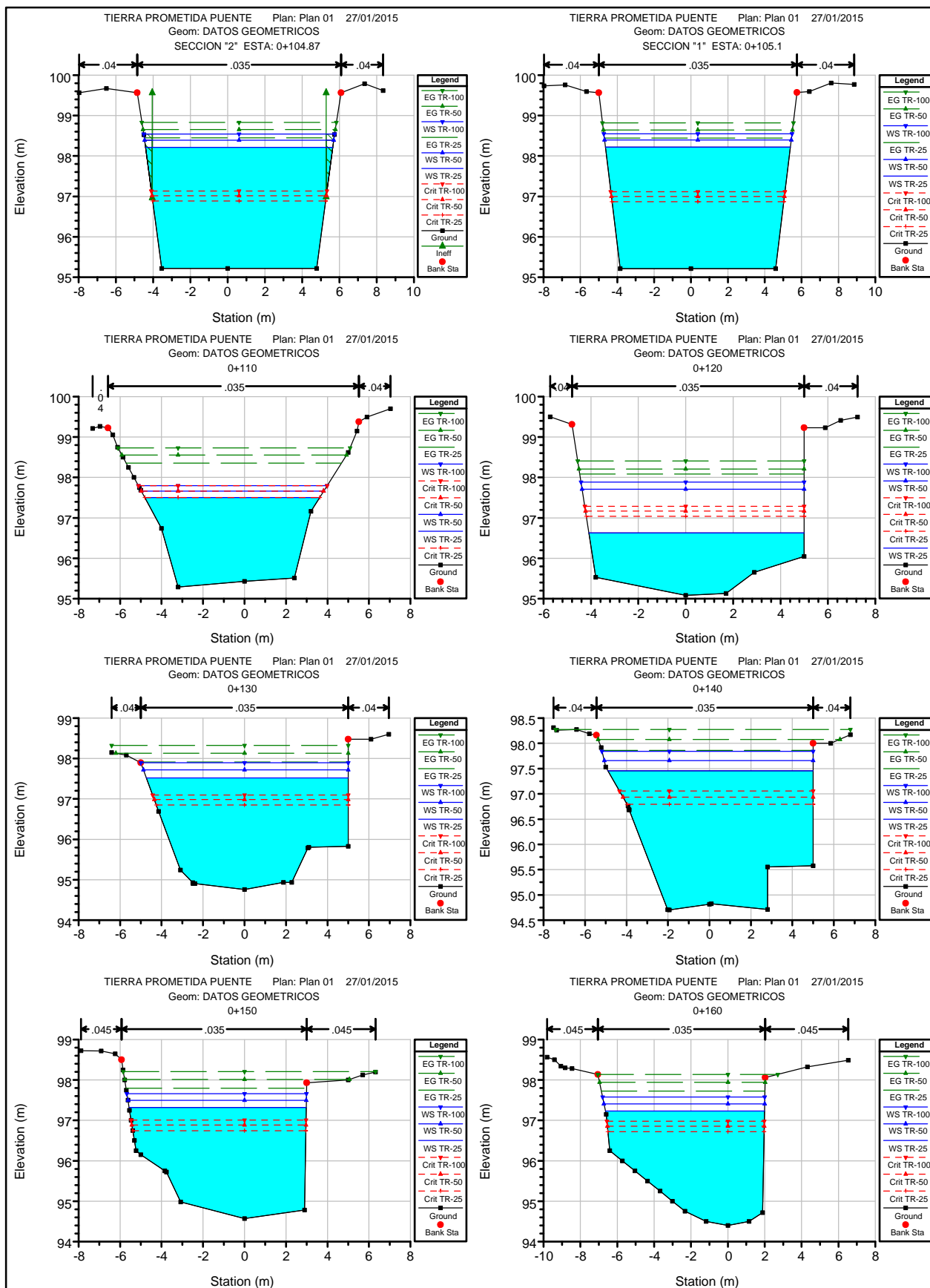
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
SECTOR ESTE	200	TR-25	58.30	97.87	99.95	99.71	100.39	0.006260	3.07	21.76	18.49	0.69
SECTOR ESTE	200	TR-50	65.40	97.87	100.19	99.86	100.58	0.004871	2.92	26.38	19.72	0.62
SECTOR ESTE	200	TR-100	72.00	97.87	100.40	99.99	100.75	0.004072	2.82	30.50	20.85	0.58
SECTOR ESTE	190	TR-25	58.30	97.59	99.94	99.42	100.32	0.004800	2.79	22.71	16.76	0.61
SECTOR ESTE	190	TR-50	65.40	97.59	100.16	99.55	100.53	0.004089	2.75	26.68	18.58	0.57
SECTOR ESTE	190	TR-100	72.00	97.59	100.36	99.69	100.71	0.003561	2.71	30.52	19.90	0.54
SECTOR ESTE	180	TR-25	58.30	97.84	100.06	99.30	100.23	0.002276	2.00	33.23	20.01	0.44
SECTOR ESTE	180	TR-50	65.40	97.84	100.27	99.39	100.44	0.001964	1.98	37.62	20.51	0.41
SECTOR ESTE	180	TR-100	72.00	97.84	100.46	99.49	100.63	0.001766	1.98	41.59	21.10	0.39
SECTOR ESTE	170	TR-25	58.30	97.38	99.70	99.11	100.16	0.006476	3.02	19.33	8.59	0.64
SECTOR ESTE	170	TR-50	65.40	97.38	99.87	99.24	100.37	0.006477	3.14	20.88	9.77	0.64
SECTOR ESTE	170	TR-100	72.00	97.38	100.03	99.36	100.56	0.006299	3.23	22.65	11.99	0.64
SECTOR ESTE	160	TR-25	58.30	97.26	99.14	99.14	100.02	0.015753	4.16	14.01	8.03	1.01
SECTOR ESTE	160	TR-50	65.40	97.26	99.28	99.28	100.23	0.015840	4.32	15.13	8.04	1.01
SECTOR ESTE	160	TR-100	72.00	97.26	99.41	99.41	100.42	0.015922	4.46	16.14	8.05	1.01
SECTOR ESTE	153.8	TR-25	58.30	97.15	98.78	98.99	99.96	0.003284	4.81	12.13	7.52	1.21
SECTOR ESTE	153.8	TR-50	65.40	97.15	98.94	99.14	100.17	0.003135	4.91	13.33	7.53	1.18
SECTOR ESTE	153.8	TR-100	72.00	97.15	99.08	99.27	100.36	0.003065	5.01	14.36	7.54	1.16
SECTOR ESTE	153.77	TR-25	58.30	96.35	97.16	97.86	99.81	0.014276	7.22	8.08	10.02	2.57
SECTOR ESTE	153.77	TR-50	65.40	96.35	97.24	97.98	100.01	0.013426	7.38	8.86	10.02	2.51
SECTOR ESTE	153.77	TR-100	72.00	96.35	97.31	98.08	100.20	0.012840	7.53	9.56	10.03	2.46
SECTOR ESTE	150.02	TR-25	58.30	96.28	97.08	97.79	99.75	0.014386	7.24	8.06	10.04	2.58
SECTOR ESTE	150.02	TR-50	65.40	96.28	97.16	97.91	99.95	0.013551	7.40	8.83	10.04	2.52
SECTOR ESTE	150.02	TR-100	72.00	96.28	97.23	98.01	100.14	0.012978	7.56	9.53	10.05	2.48
SECTOR ESTE	150	TR-25	58.30	95.76	98.57	97.25	98.77	0.000292	1.99	29.33	10.76	0.38
SECTOR ESTE	150	TR-50	65.40	95.76	98.77	97.37	98.99	0.000300	2.08	31.50	10.80	0.39
SECTOR ESTE	150	TR-100	72.00	95.76	98.95	97.48	99.18	0.000308	2.16	33.40	10.84	0.39
SECTOR ESTE	140	TR-25	58.30	95.65	98.60	97.35	98.75	0.001512	1.72	33.81	15.02	0.37
SECTOR ESTE	140	TR-50	65.40	95.65	98.81	97.46	98.97	0.001473	1.77	36.98	15.37	0.36
SECTOR ESTE	140	TR-100	72.00	95.65	98.99	97.56	99.16	0.001448	1.81	39.81	15.68	0.36
SECTOR ESTE	130	TR-25	58.30	95.65	98.46	97.36	98.72	0.002916	2.26	25.82	10.46	0.46
SECTOR ESTE	130	TR-50	65.40	95.65	98.66	97.49	98.94	0.002971	2.35	27.87	10.67	0.46
SECTOR ESTE	130	TR-100	72.00	95.65	98.82	97.61	99.12	0.003024	2.42	29.70	10.86	0.47
SECTOR ESTE	120	TR-25	58.30	95.45	98.21	97.57	98.66	0.006104	2.97	19.64	9.04	0.64
SECTOR ESTE	120	TR-50	65.40	95.45	98.39	97.72	98.87	0.006132	3.07	21.31	9.25	0.65
SECTOR ESTE	120	TR-100	72.00	95.45	98.55	97.86	99.06	0.006183	3.16	22.79	9.43	0.65
SECTOR ESTE	115	TR-25	58.30	95.35	98.17	97.53	98.63	0.005739	3.04	19.71	9.47	0.62
SECTOR ESTE	115	TR-50	65.40	95.35	98.35	97.68	98.84	0.005741	3.15	21.44	9.79	0.62
SECTOR ESTE	115	TR-100	72.00	95.35	98.50	97.82	99.03	0.005765	3.25	22.98	10.06	0.63
SECTOR ESTE	110	TR-25	58.30	95.54	98.28	97.17	98.55	0.003083	2.28	25.60	10.49	0.47
SECTOR ESTE	110	TR-50	65.40	95.54	98.47	97.30	98.76	0.003158	2.37	27.59	10.73	0.47
SECTOR ESTE	110	TR-100	72.00	95.54	98.63	97.42	98.94	0.003229	2.45	29.35	10.94	0.48
SECTOR ESTE	108.56	TR-25	58.30	95.49	98.30	97.08	98.53	0.002443	2.13	27.39	10.55	0.42
SECTOR ESTE	108.56	TR-50	65.40	95.49	98.48	97.21	98.74	0.002521	2.23	29.37	10.65	0.43
SECTOR ESTE	108.56	TR-100	72.00	95.49	98.65	97.32	98.92	0.002597	2.31	31.11	10.75	0.43
SECTOR ESTE	108.25	TR-25	58.30	95.37	98.28	97.03	98.52	0.002058	2.21	26.34	10.08	0.42
SECTOR ESTE	108.25	TR-50	65.40	95.37	98.46	97.16	98.73	0.002106	2.33	28.03	10.18	0.43
SECTOR ESTE	108.25	TR-100	72.00	95.37	98.61	97.27	98.92	0.002156	2.44	29.48	10.28	0.44
SECTOR ESTE	100		Bridge									
SECTOR ESTE	95.13	TR-25	58.30	95.21	98.21	96.89	98.45	0.001912	2.15	27.10	10.06	0.40
SECTOR ESTE	95.13	TR-50	65.40	95.21	98.39	97.02	98.65	0.001978	2.28	28.74	10.16	0.41
SECTOR ESTE	95.13	TR-100	72.00	95.21	98.54	97.13	98.83	0.002041	2.39	30.15	10.25	0.42
SECTOR ESTE	94.9	TR-25	58.30	95.21	98.22	96.87	98.44	0.002300	2.10	27.78	10.04	0.40
SECTOR ESTE	94.9	TR-50	65.40	95.21	98.39	97.00	98.64	0.002431	2.21	29.57	10.13	0.41
SECTOR ESTE	94.9	TR-100	72.00	95.21	98.55	97.11	98.82	0.002552	2.31	31.13	10.21	0.42
SECTOR ESTE	90	TR-25	58.30	95.29	97.50	97.50	98.36	0.014098	4.09	14.25	8.43	1.01
SECTOR ESTE	90	TR-50	65.40	95.29	97.66	97.66	98.56	0.013912	4.19	15.59	8.79	1.01
SECTOR ESTE	90	TR-100	72.00	95.29	97.80	97.80	98.73	0.013758	4.28	16.81	9.10	1.01
SECTOR ESTE	80	TR-25	58.30	95.08	96.63	97.04	98.09	0.034195	5.35	10.89	9.09	1.56
SECTOR ESTE	80	TR-50	65.40	95.08	97.71	97.17	98.21	0.006304	3.13	20.89	9.38	0.67
SECTOR ESTE	80	TR-100	72.00	95.08	97.89	97.28	98.41	0.006148	3.19	22.55	9.42	0.66

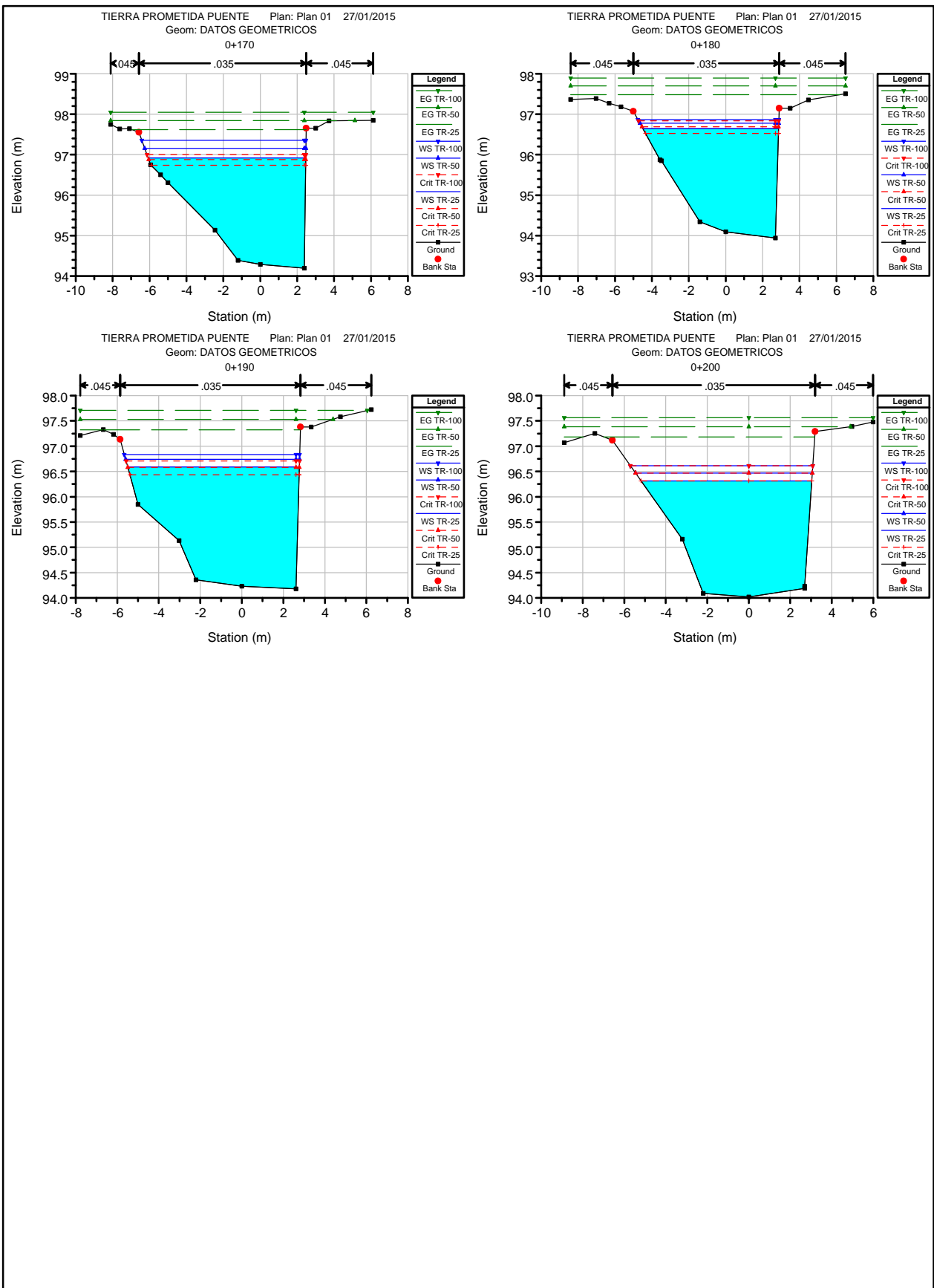
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
SECTOR ESTE	70	TR-25	58.30	94.76	97.52	96.85	97.91	0.004944	2.76	21.10	9.73	0.60
SECTOR ESTE	70	TR-50	65.40	94.76	97.72	96.99	98.13	0.004856	2.84	23.03	9.87	0.59
SECTOR ESTE	70	TR-100	72.00	94.76	97.90	97.10	98.33	0.004780	2.90	24.80	10.00	0.59
SECTOR ESTE	60	TR-25	58.30	94.70	97.46	96.79	97.86	0.005546	2.80	20.80	9.90	0.62
SECTOR ESTE	60	TR-50	65.40	94.70	97.66	96.93	98.08	0.005370	2.87	22.80	10.07	0.61
SECTOR ESTE	60	TR-100	72.00	94.70	97.84	97.06	98.28	0.005214	2.92	24.64	10.18	0.60
SECTOR ESTE	50	TR-25	58.30	94.57	97.32	96.75	97.79	0.006345	3.06	19.06	8.54	0.65
SECTOR ESTE	50	TR-50	65.40	94.57	97.50	96.89	98.01	0.006413	3.17	20.60	8.60	0.65
SECTOR ESTE	50	TR-100	72.00	94.57	97.66	97.01	98.21	0.006438	3.27	22.03	8.66	0.65
SECTOR ESTE	40	TR-25	58.30	94.40	97.23	96.72	97.73	0.006728	3.12	18.67	8.63	0.68
SECTOR ESTE	40	TR-50	65.40	94.40	97.41	96.86	97.94	0.006740	3.23	20.24	8.72	0.68
SECTOR ESTE	40	TR-100	72.00	94.40	97.58	96.98	98.14	0.006702	3.31	21.72	8.80	0.67
SECTOR ESTE	30	TR-25	58.30	94.19	96.92	96.74	97.62	0.011476	3.70	15.75	8.55	0.87
SECTOR ESTE	30	TR-50	65.40	94.19	97.15	96.88	97.84	0.010265	3.68	17.76	8.74	0.82
SECTOR ESTE	30	TR-100	72.00	94.19	97.36	97.00	98.05	0.009496	3.68	19.54	8.90	0.79
SECTOR ESTE	20	TR-25	58.30	93.94	96.64	96.53	97.48	0.013633	4.06	14.35	7.35	0.93
SECTOR ESTE	20	TR-50	65.40	93.94	96.78	96.69	97.70	0.014289	4.26	15.36	7.52	0.95
SECTOR ESTE	20	TR-100	72.00	93.94	96.87	96.84	97.89	0.015414	4.49	16.03	7.64	0.99
SECTOR ESTE	10	TR-25	58.30	94.18	96.59	96.43	97.32	0.011856	3.80	15.34	8.27	0.89
SECTOR ESTE	10	TR-50	65.40	94.18	96.74	96.58	97.53	0.011922	3.94	16.60	8.38	0.89
SECTOR ESTE	10	TR-100	72.00	94.18	96.83	96.71	97.71	0.012669	4.14	17.39	8.45	0.92
SECTOR ESTE	0	TR-25	58.30	94.02	96.31	96.31	97.18	0.014665	4.13	14.11	8.22	1.01
SECTOR ESTE	0	TR-50	65.40	94.02	96.47	96.47	97.39	0.014546	4.24	15.42	8.52	1.01
SECTOR ESTE	0	TR-100	72.00	94.02	96.62	96.62	97.56	0.014260	4.32	16.68	8.79	1.00

3.1. RESULTADOS GRÁFICOS DE SECCIONES









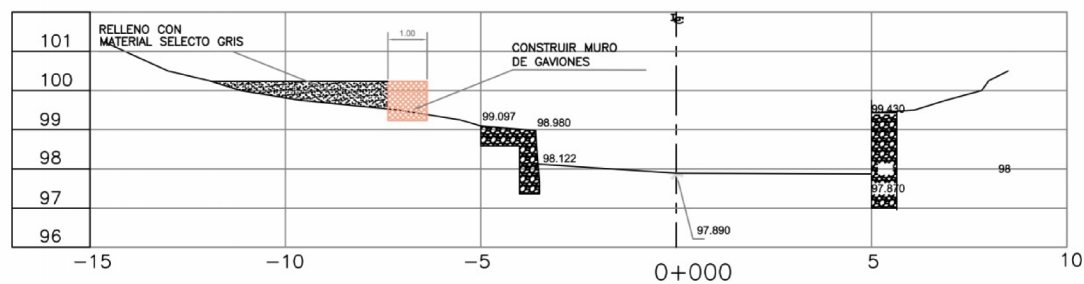
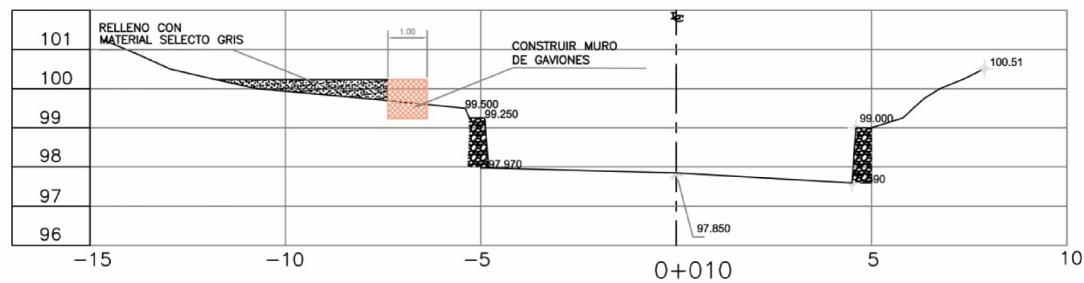
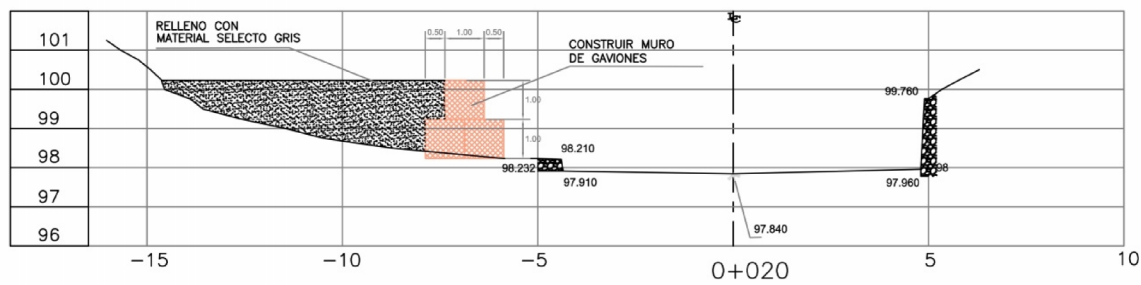
ANEXO K

DISEÑO DE MURO DE GAVIONES.

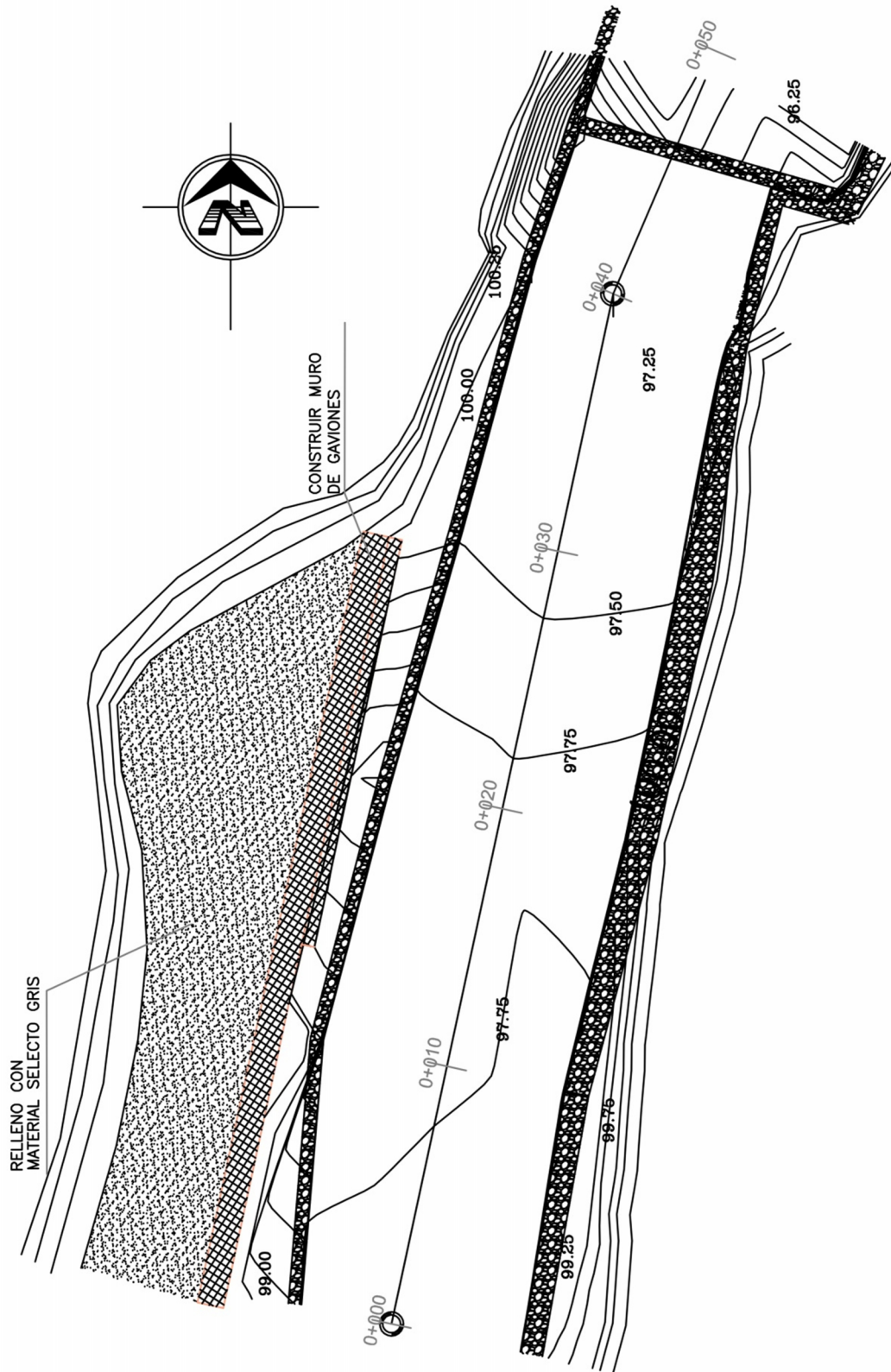
MURO DE GAVIONES.

Para prevenir la inundación entre las secciones 0+000 hasta la 0+020 se propone la construcción de un muro de gaviones y relleno con material selecto gris.

SECCIONES.



VISTA DE PLANTA.



1. ANÁLISIS DEL MURO CON EL SOFTWARE

GEO5 V18 PROPIEDADES

Editar material **DEL GAVION**

Nombre: GAVION

Relleno

Peso unitario : $\gamma = 18.00$ [kN/m³]

Ángulo de fricción interna : $\varphi = 30.00$ [°]

Cohesión : $c = 0.00$ [kPa]

Malla

Resistencia : $R_t = 40.00$ [kN/m]

Espaciado de divisiones verticales : $v = 1.00$ [m]

Capacidad portante de la junta : $R_s = 40.00$ [kN/m]

OK + OK +

PROPIEDAD MECÁNICA DEL SUELO.

Añadir suelos

Identificación

Nombre : MATERIAL SELECTO GRIS (ML)

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma = 14.51$ [kN/m³]

Estado de tensión : efectivo

Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 20.00$ [°]

Cohesión de suelo : $c_{ef} = 12.00$ [kPa]

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 10.00$ [°]

Presión en reposo

Suelo : granular

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión : Cálculo desde porosidad

Peso unitario sólido : $\gamma_s = 13.72$ [kN/m³]

Porosidad <0.0 - 1.0> : $n = 0.34$ [-]

Dibujar

Color:

Categoría de trama: GEO

Trama: Limo

Clasificación

AGRENIC Complejo Industrial Nindiri

Descripción :

Uso: Material selecto Gris
Estructura de pavimento, relleno

Características físicas:

Color

Granulometría

Clasificación

Característica Mecánica:

Característica

Gris

Ver gráfico

A-4

Especificación

Norma

HRB

Norma

Índice de Plasticidad

Densidad (kg/m3)

N.P

1,400

AASHTO T - 90

AASHTO T - 99

Fabricación del producto :

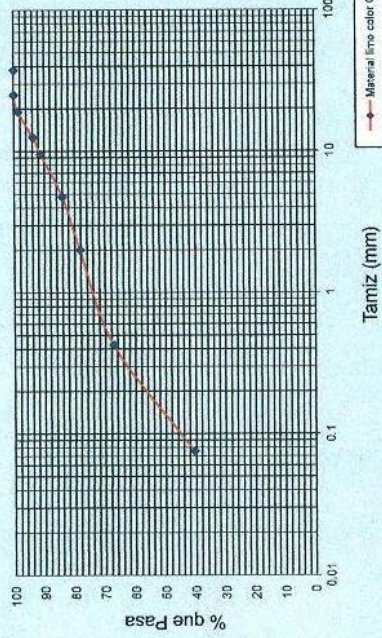
Banco AGRENIC

Procedencia del producto :

Minas de Nindiri, Masaya

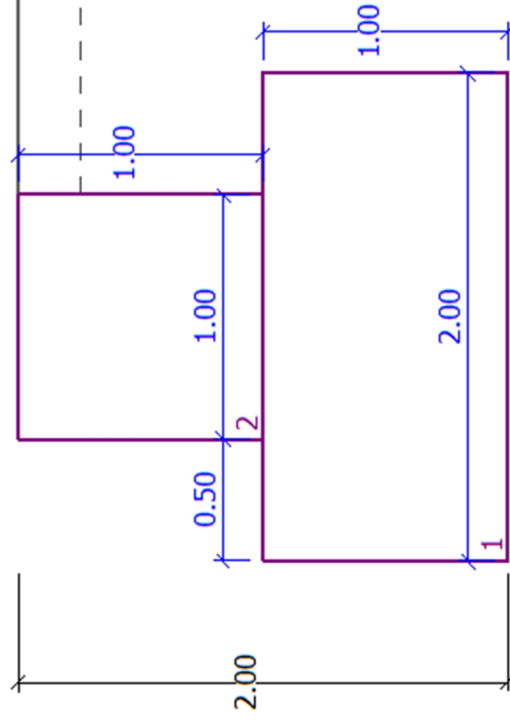


Mat. Para Relleno

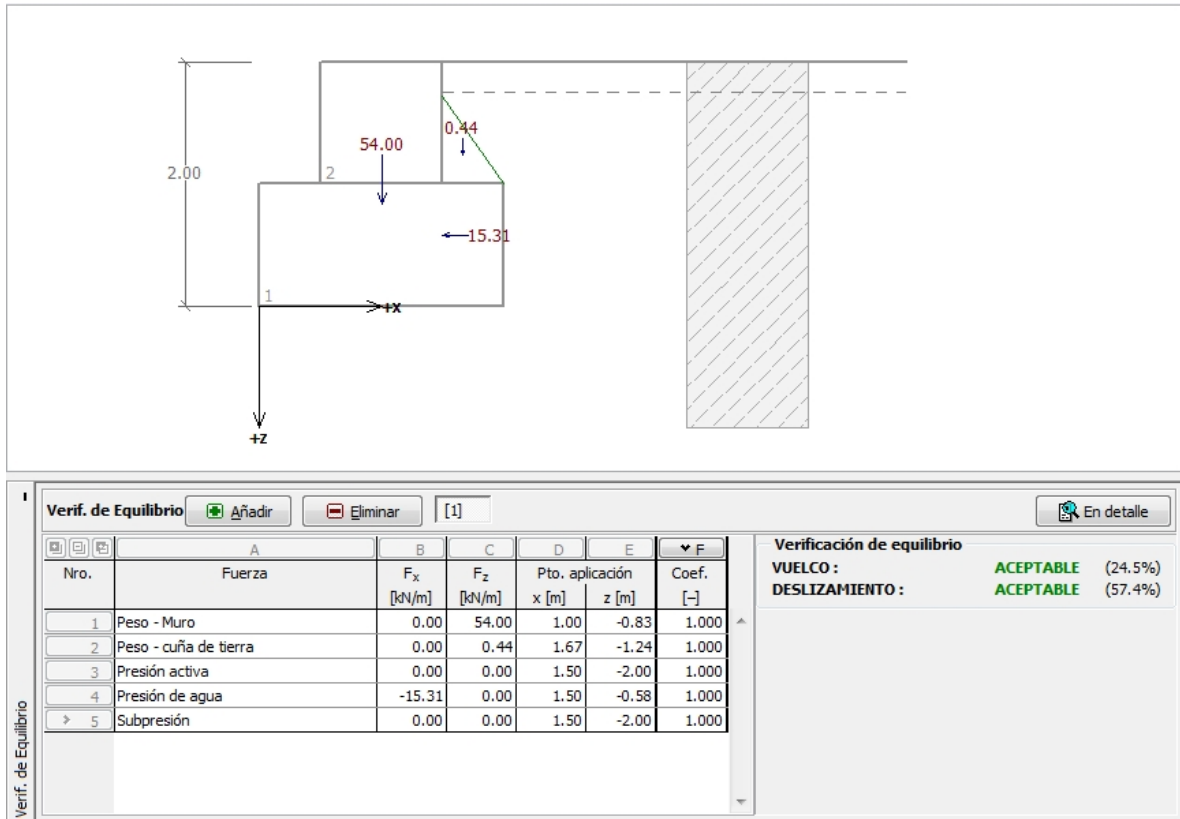


Nombre : Geometría

Etapa : 1



VERIFICACIÓN DE EQUILIBRIO.



Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 54.73 \text{ kNm/m}$

Momento de vuelco $M_{ovr} = 8.93 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad = 6.13 > 1.50

Muro para vuelco **ES ACEPTABLE**

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 40.00 \text{ kN/m}$

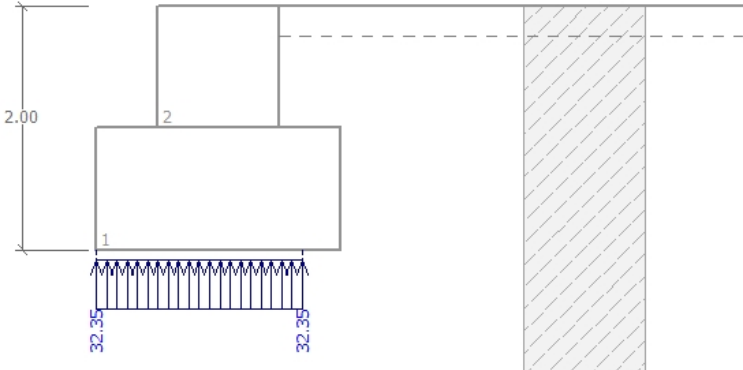
Fuerza horizontal activa $H_{act} = 15.31 \text{ kN/m}$

Factor de seguridad = 2.61 > 1.50

Muro para deslizamiento **ES ACEPTABLE**

Verificación completa - MURO **ES ACEPTABLE**

VERIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE



Verif. de Cap. portante

Cálculo de capacidad portante del terreno de cimentación

☒ Introducir manualmente

☐ Calcular con el programa "Zapatas"

☐ No calcular (cimentación sobre pilotes)

Cap. port. del terreno de cimentación: $R = 147.00$ [kPa]

Longitud total de los cimientos: [] [m]

[Ejec. "Zapata"](#)

[En detalle](#)

Verificación del terreno de cimentación

EXCENTRICIDAD: **ACEPTABLE** (23.8%)

CAPACIDAD PORTANTE: **ACEPTABLE** (33.0%)

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	8.64	54.44	15.31	0.079	32.35

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	8.64	54.44	15.31

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.079$

Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.333$

Excentricidad de la fuerza normal **ES ACEPTABLE**

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 32.35$ kPa

Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 147.00$ kPa

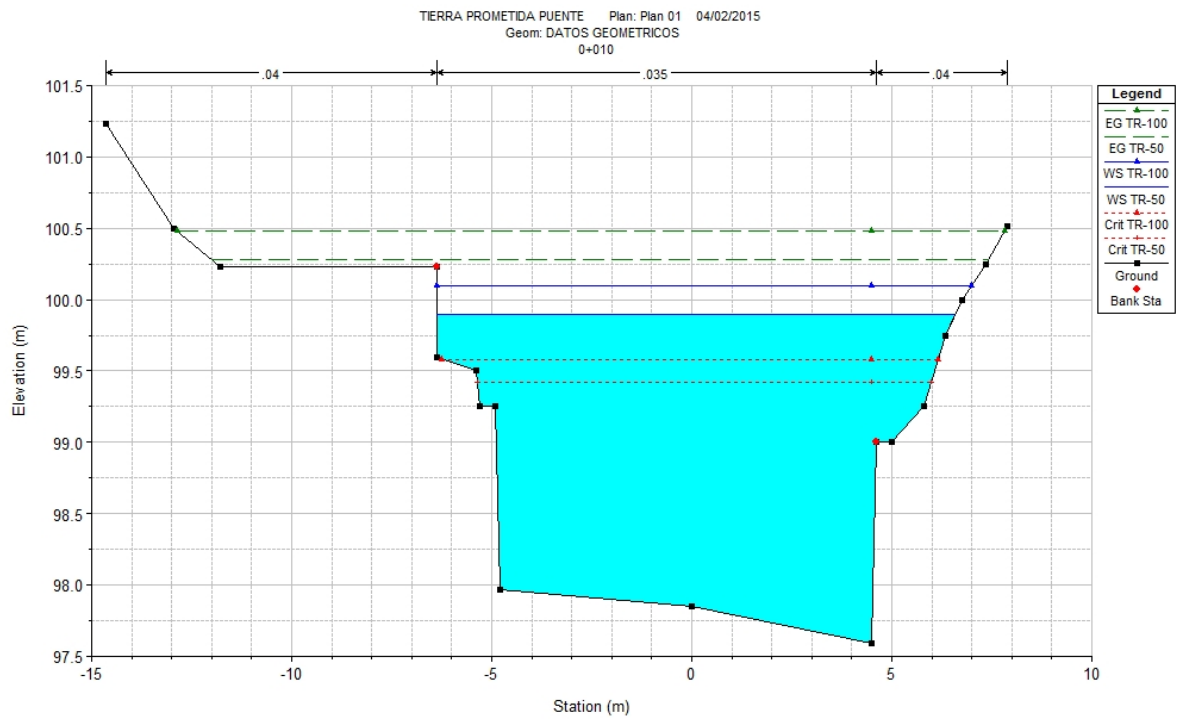
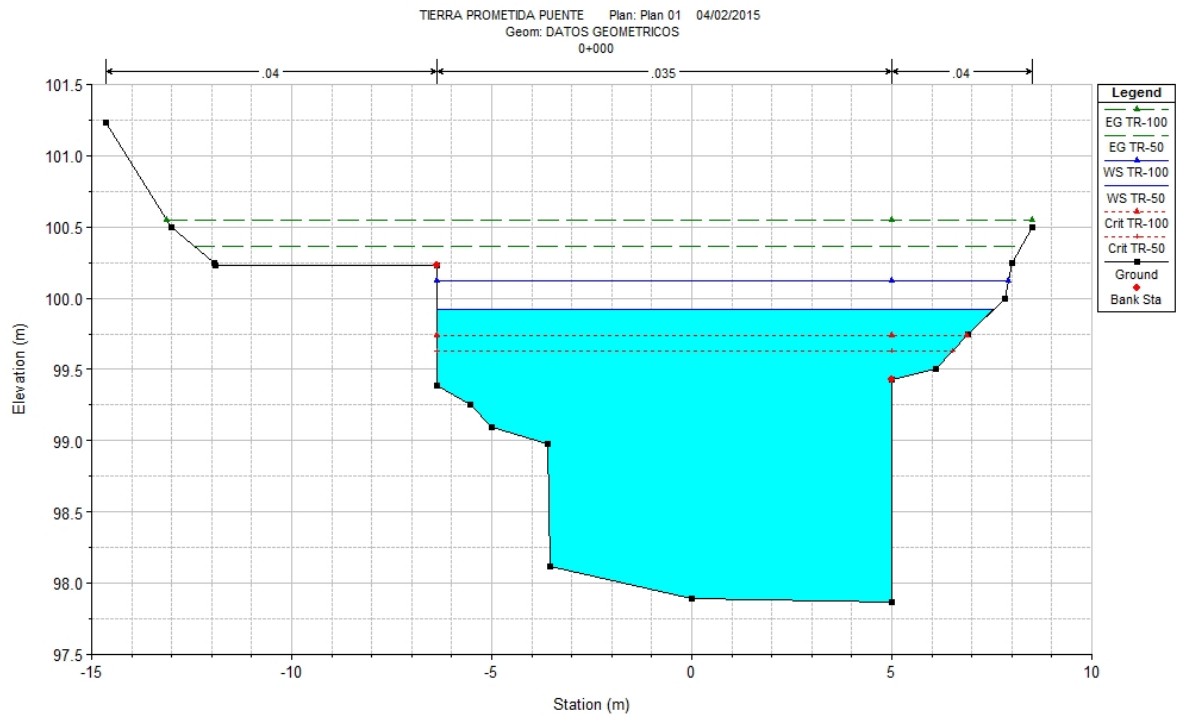
Factor de seguridad $= 4.54 > 1.50$

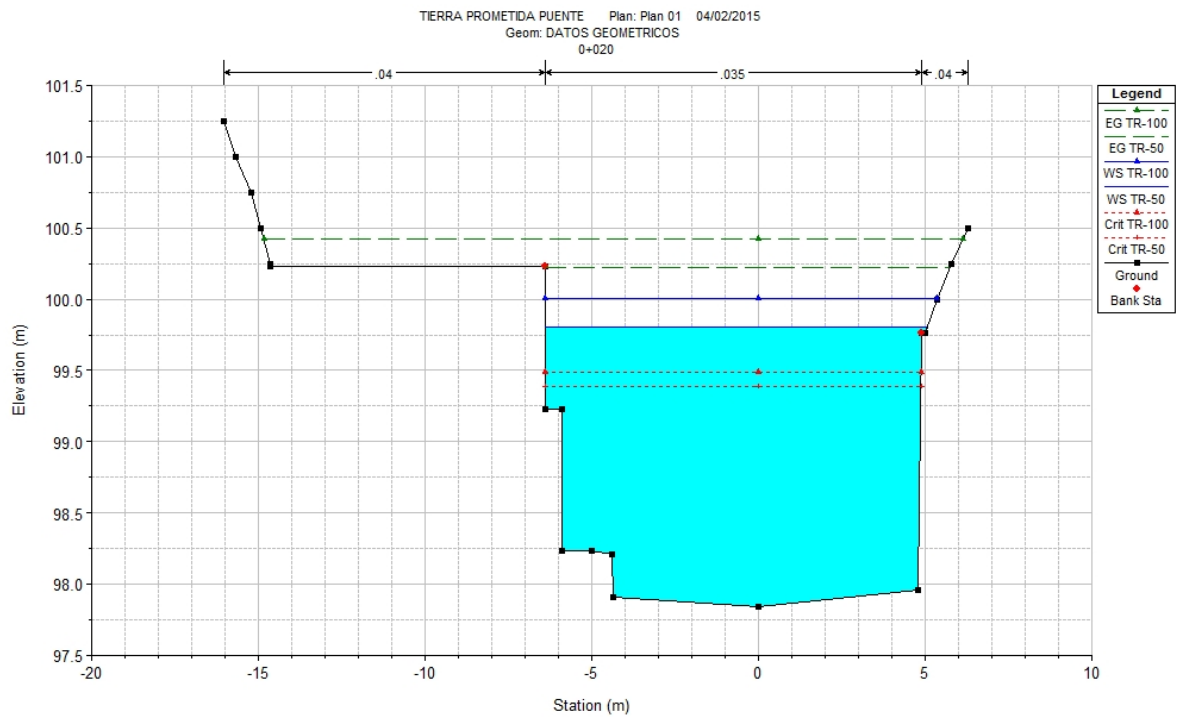
Capacidad portante del terreno de cimentación **ES ACEPTABLE**

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación **ES ACEPTABLE**

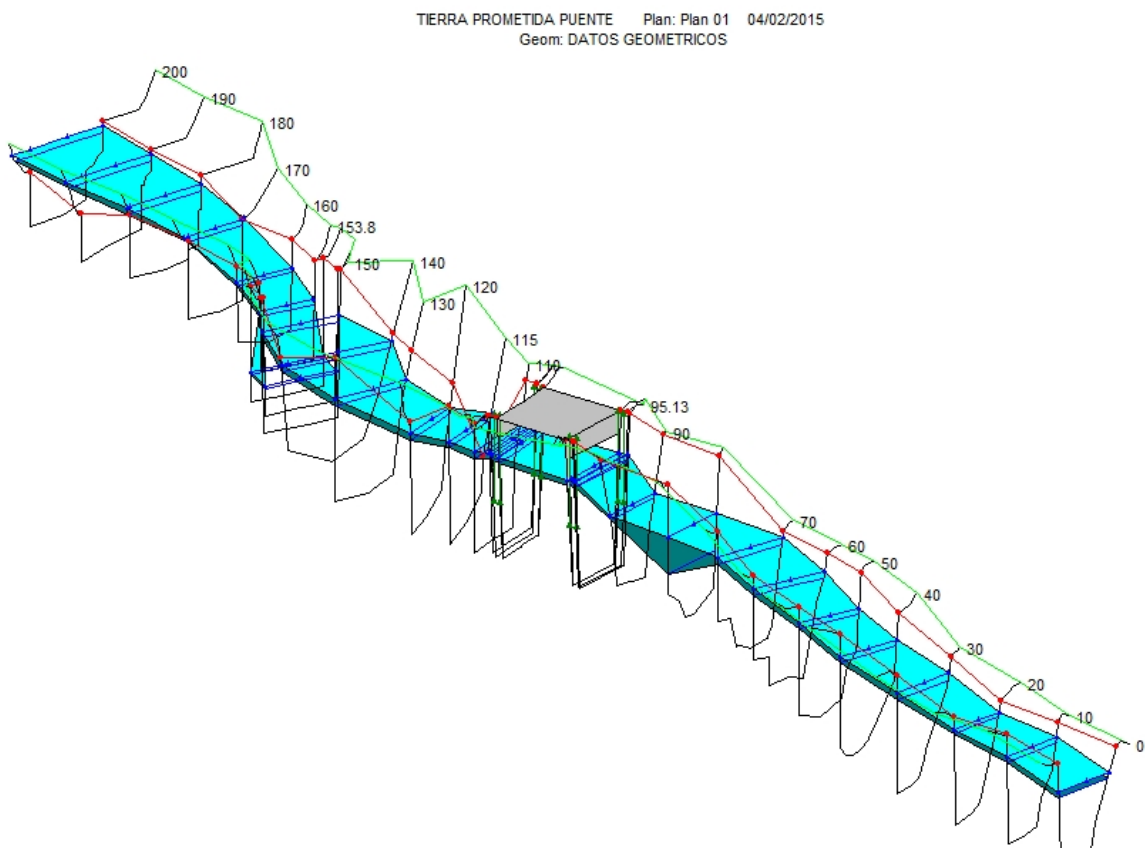
2. ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL MURO CON EL SOFTWARE

HEC-RAS. SECCIONES TR 50 Y TR-100.





VISTA TRIDIMENSIONAL TR 50 Y TR-100.



NOTA: La variación en la secciones no tiene incidencia en la velocidad y la elevación del agua en las secciones próximas al puente.

ANEXO L

FOTOGRAFIAS E IMÁGENES.



Aguas arriba del puente



Punto de cierre de la cuenca - Lugar de emplazamiento del puente



Aguas abajo del puente

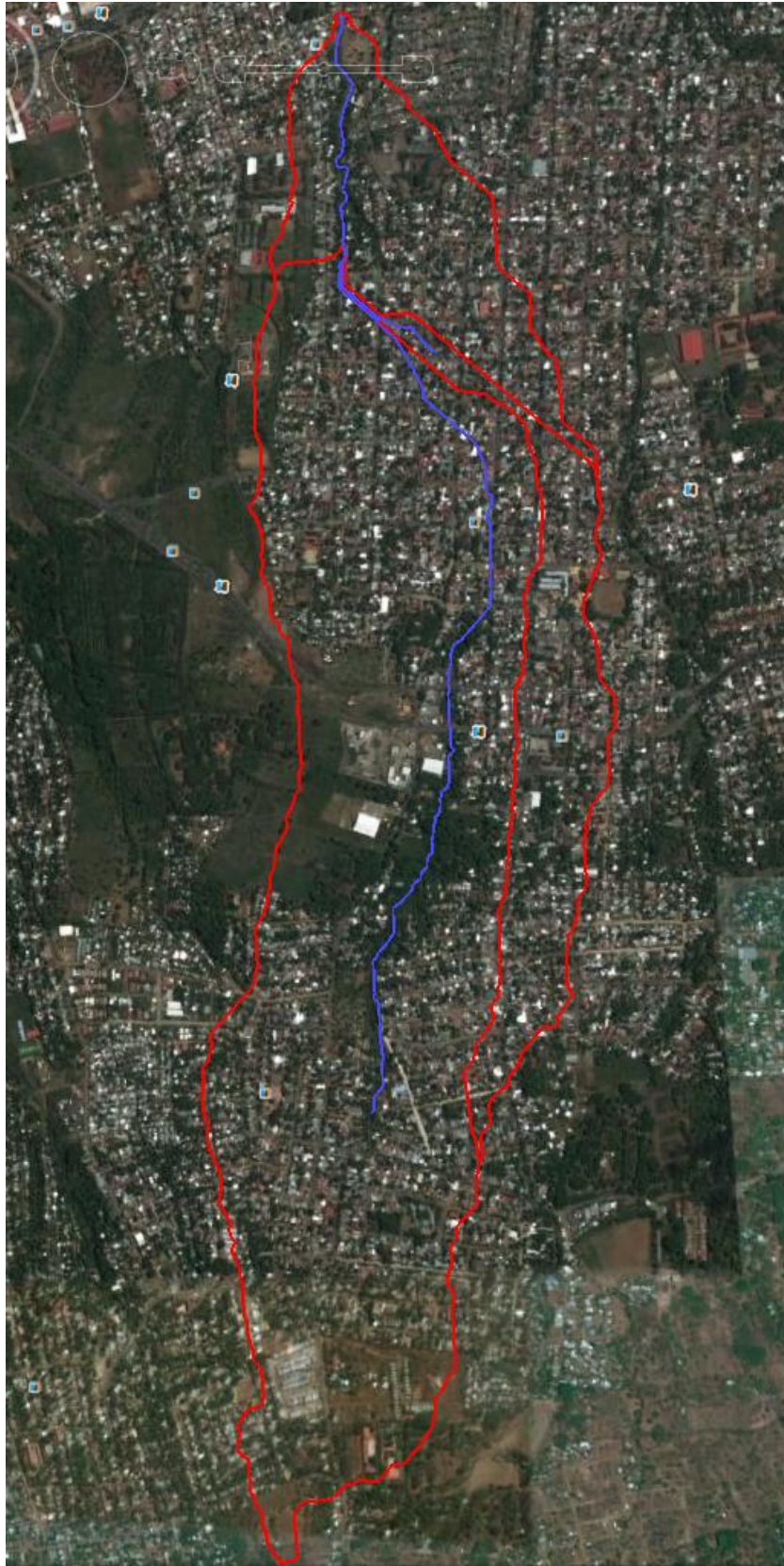
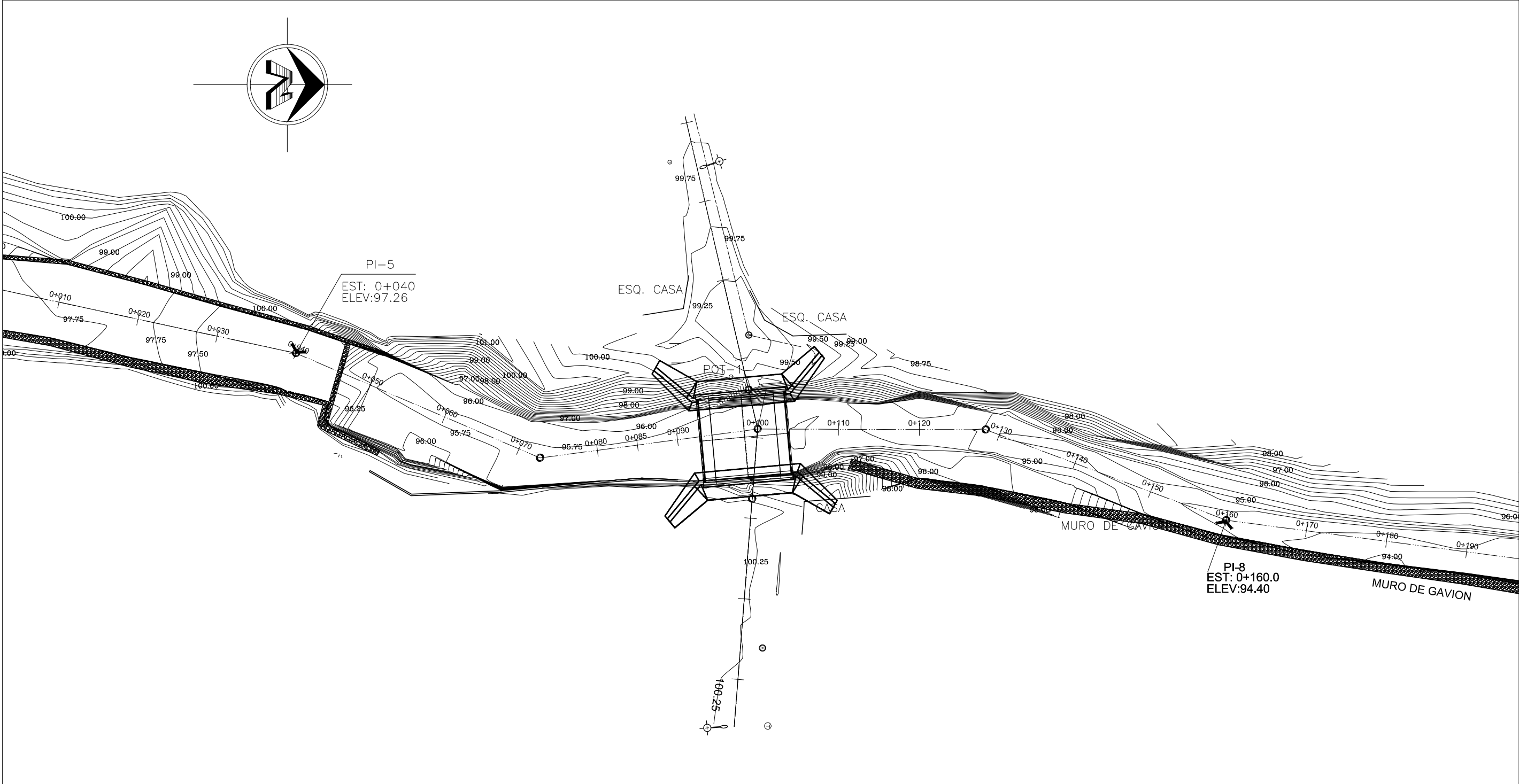


Imagen satelital de la cuenca

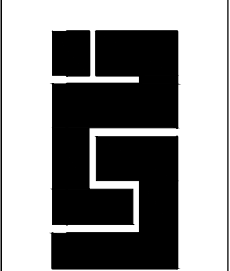
ANEXO M

PLANOS TOPOGRAFICOS.



PLANTA DE CAUCE DEL SECTOR ESTE DE TIERRA PROMETIDA

ESCALA 1 : 500



MONOGRAFIA:
**ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA**

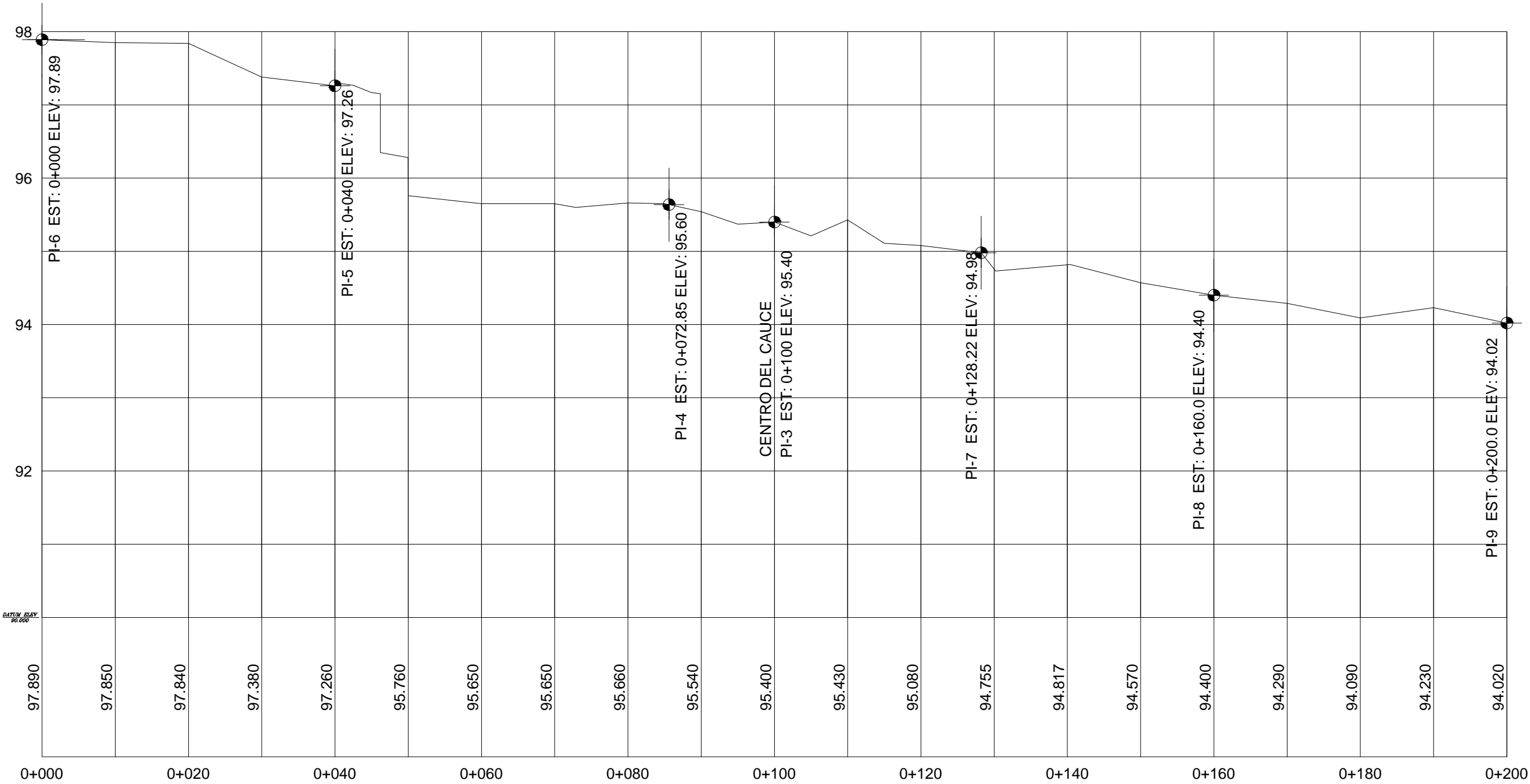
CONTENIDO:
**PLANTA DE CAUCE
PUENTE TIERRA PROMETIDA**

REALIZADO POR:
**Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina**

TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

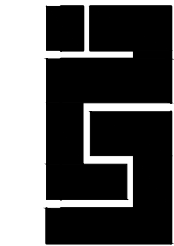
ESCALA:
INDICADA

FECHA:
Febrero 2015



PERFIL DEL CAUCE DEL SECTOR ESTE DE TIERRA PROMETIDA

ESCALA H=1:600 : V=1:60



MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

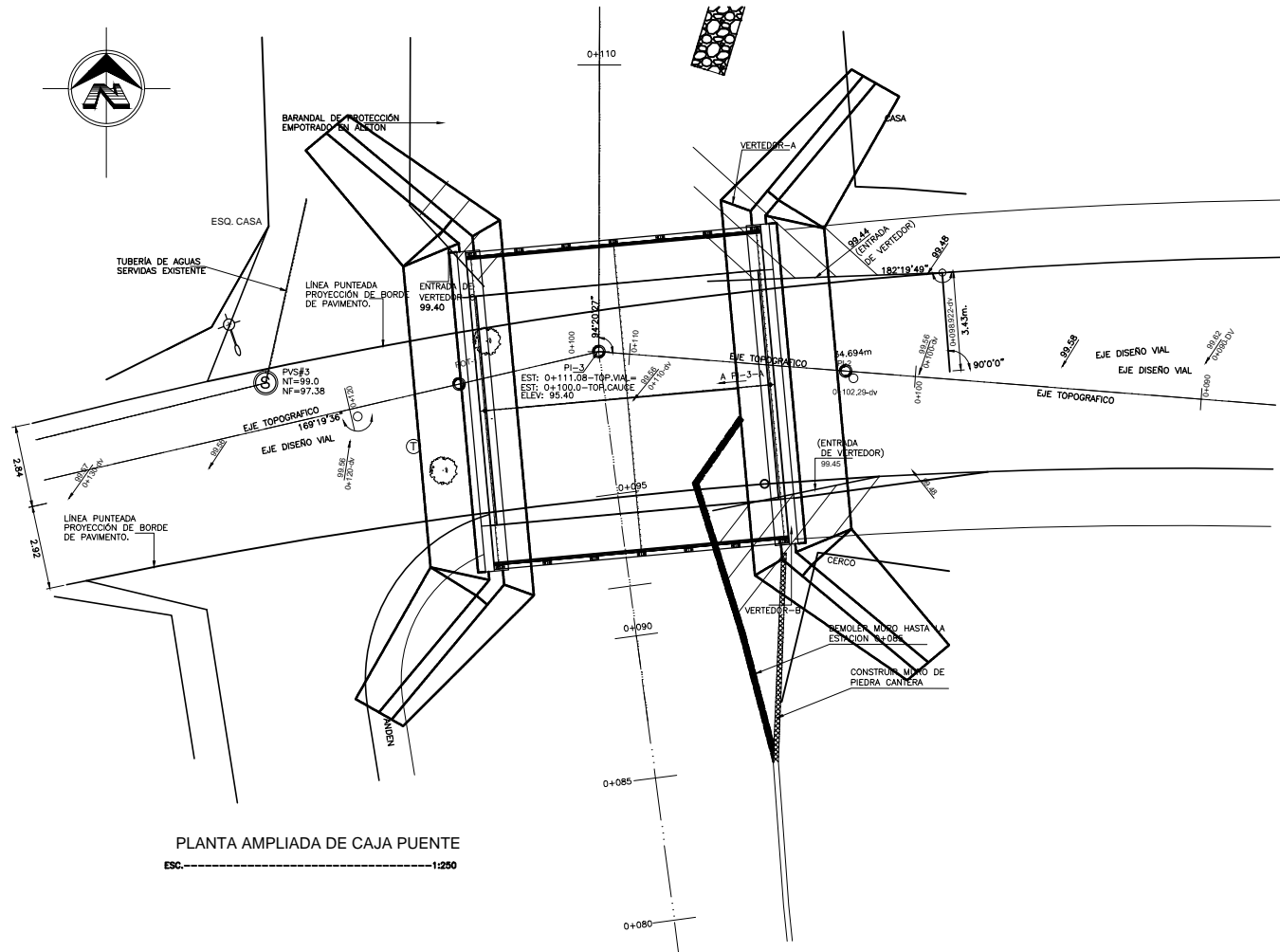
CONTENIDO:
PERFIL DE CAUCE
DEL PUENTE TIERRA PROMETIDA

REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

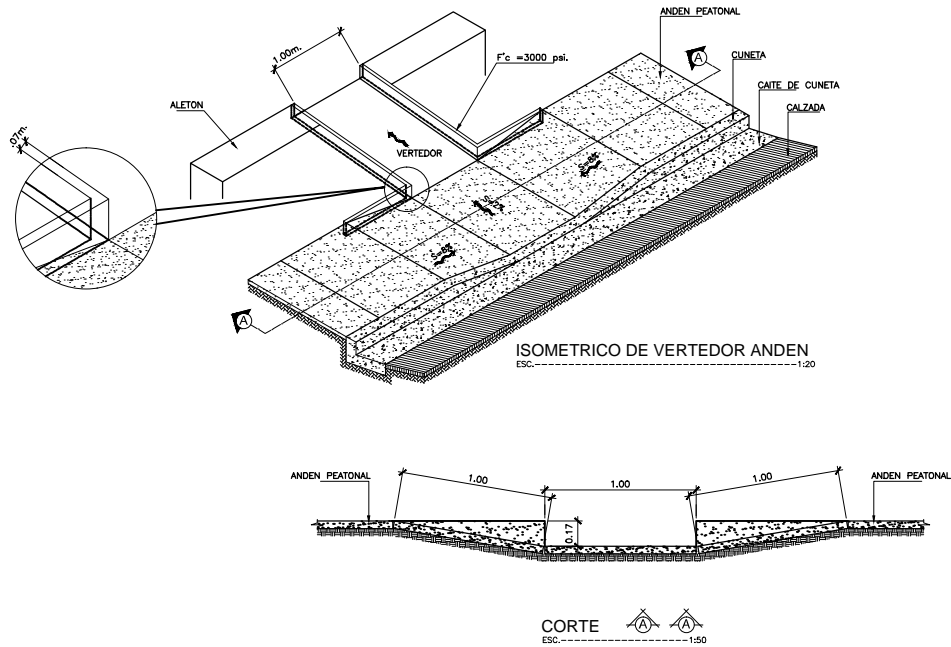
TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

ESCALA:
INDICADA

FECHA:
Febrero 2015

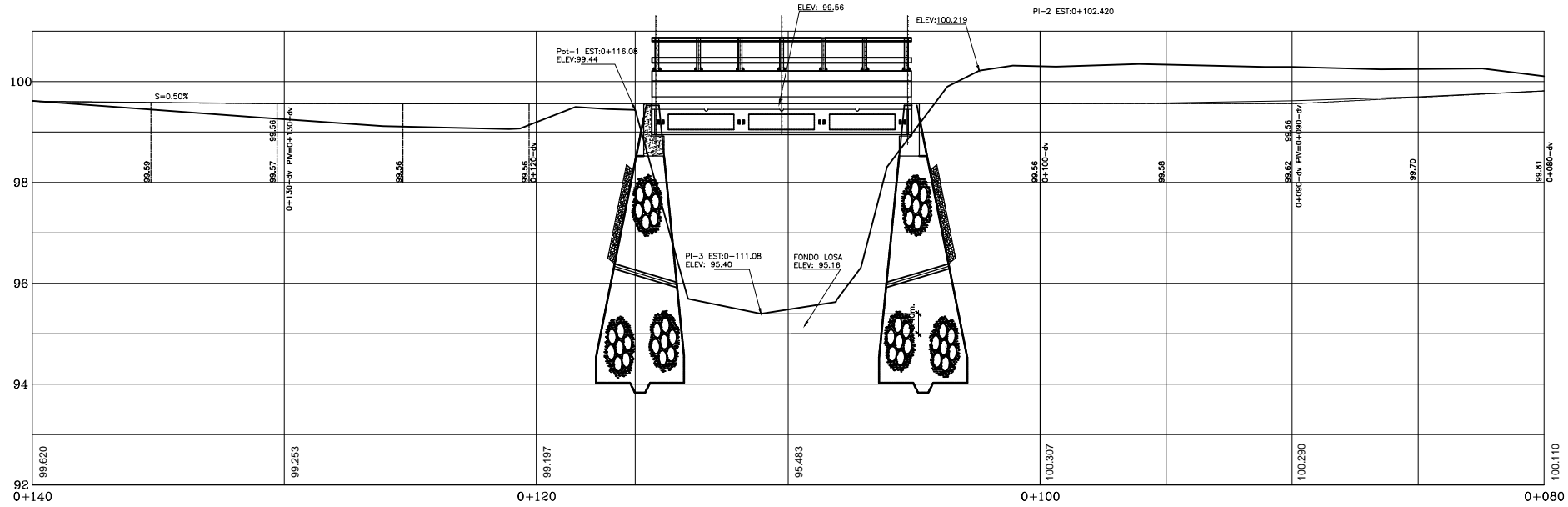


PLANTA AMPLIADA DE CAJA PUEBTE
ESCALA: 1:250

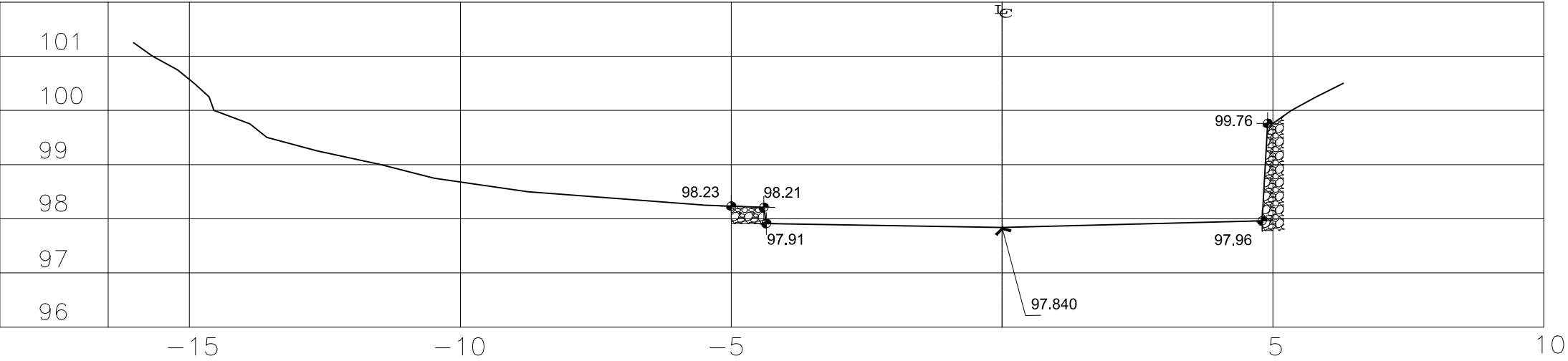


NOTA:

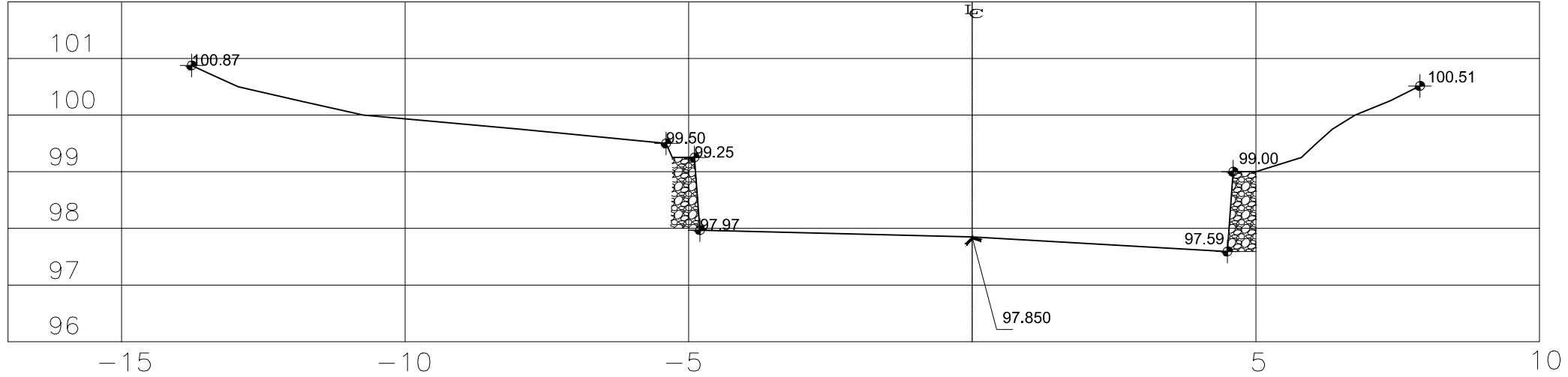
- 1-LOS VERTEDORES "A", "B" Y "C" PROPUESOT FORMARAN PARTE DEL ANDEN PEATONAL Y SERVIRAN COMO RAMPA DE ACCESO A PERSONAS DESCAPACITADAS. ESTOS SE CONSTRUIRAN DE CONCRETO SIMPLE DE 3000 PSI. TODOS DESCARGARAN EN EL BORDE DE LOS ALETONES PROPUESOT. (VER PLANO CONSTRUCTIVO)
- 2-LOS NIVELES DE PIE DE CUNETA (99.44, 99.45 Y 99.40) QUE APARECEN EN ESTE PLANO SE DEBERAN RESPETAR.
- 3-LOS VERTEDORES PROPUESOT DESCARGARAN EN EL HOMBRO DEL ALETON RESPECTIVO. (VER DETALLE EN ESTA HOJA)
- 4-EL VERTEDOR "B" DESCANSARA SOBRE EL MURO DE PIEDRA CANTERA EXISTENTE, EN EL CUAL SE DEBERA DEMOLER 1m DE ANCHO POR 0.17m DE ALTO, QUE EL ESPACIO DONDE DESCANSARA EL VERTEDOR. (VER DETALLE EN ESTA HOJA).



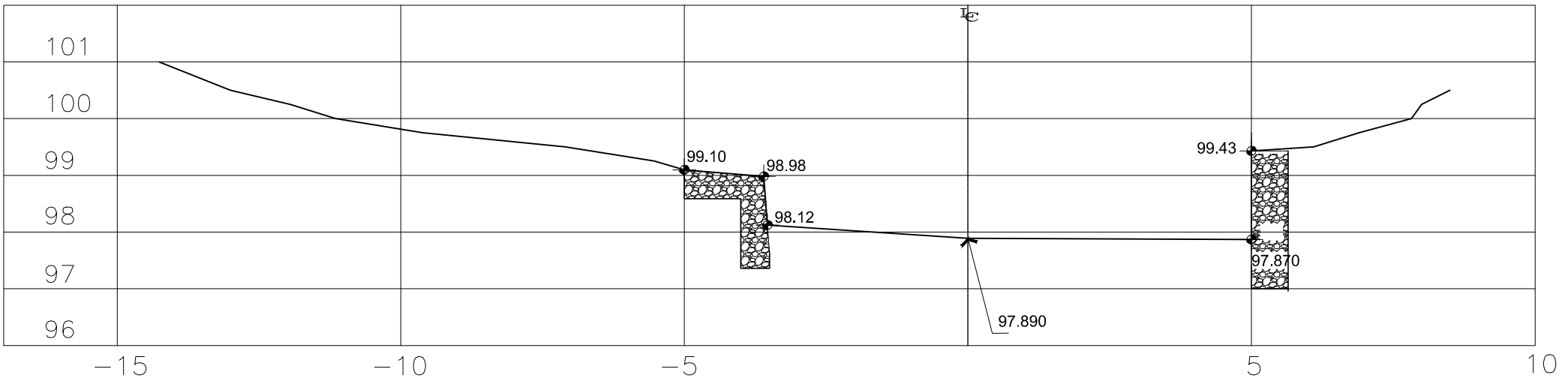
PERFIL DE CALLE # 1 Y CAUCE DEL SECTOR ESTE DE TIERRA PROMETIDA
ESCALA: 1:250, V=1:125



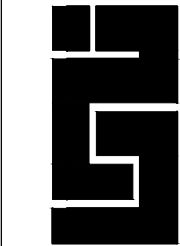
ESTACIÓN 0+020



ESTACIÓN 0+010



ESTACIÓN 0+000



MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

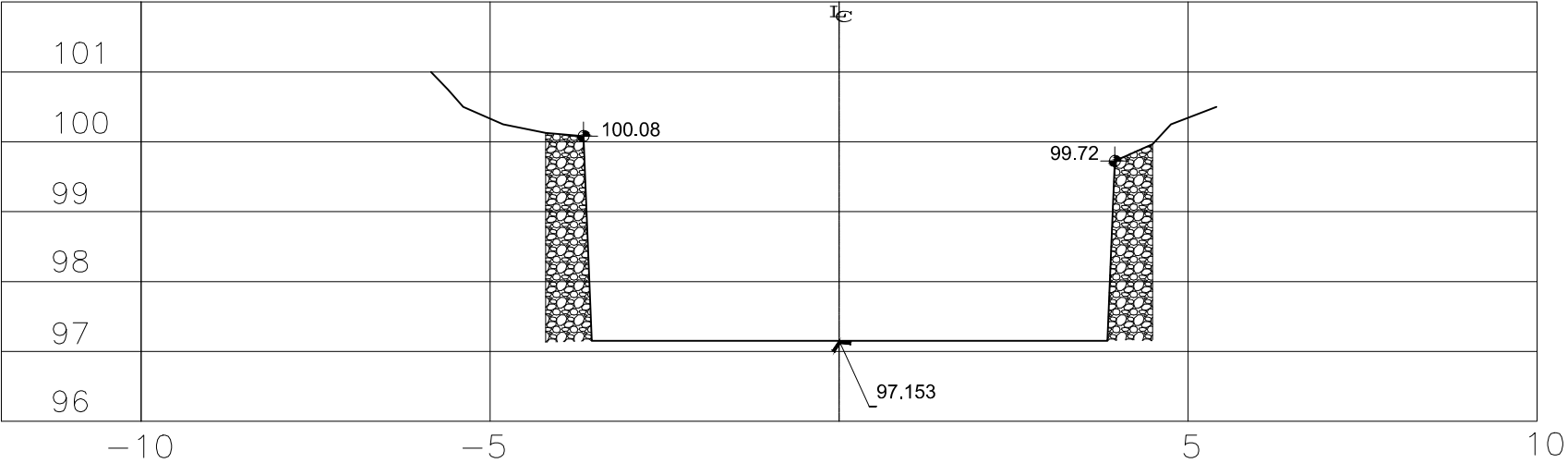
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+000 - 0+020

REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

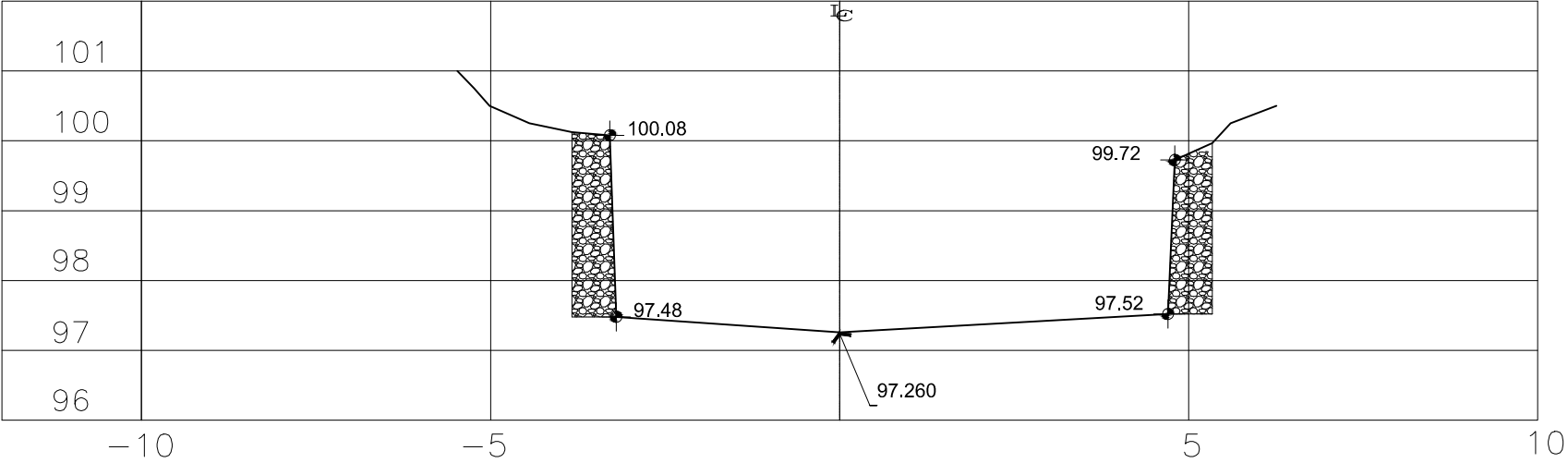
TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

ESCALA: 1 : 100

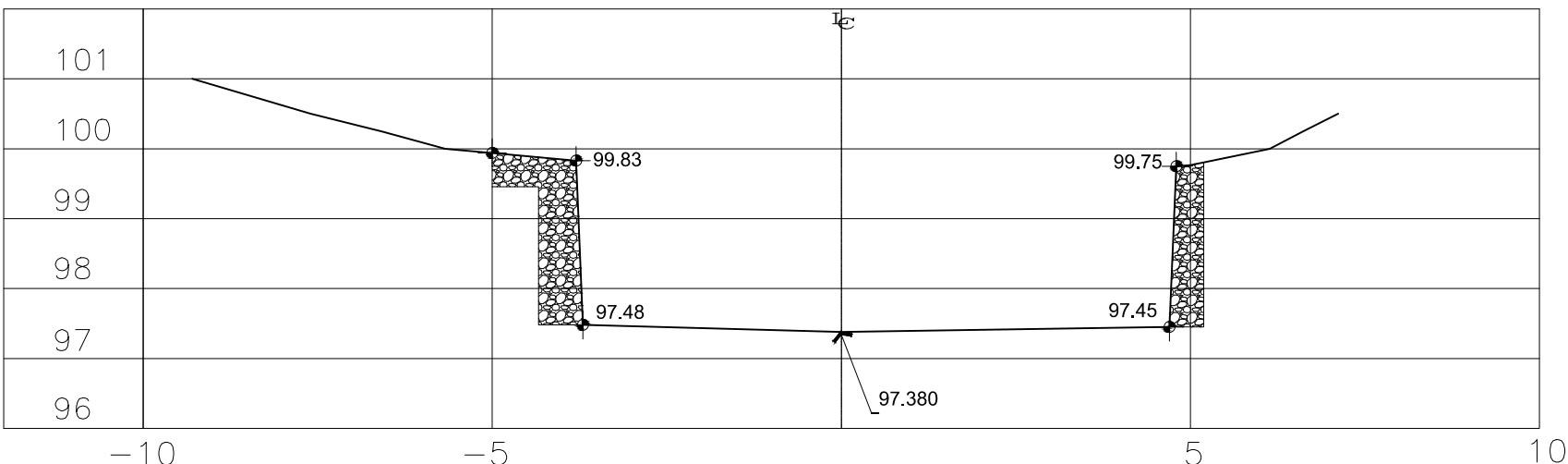
FECHA: Febrero 2015



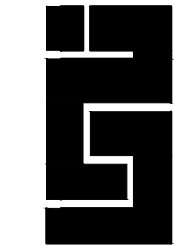
ESTACIÓN 0+046.20



ESTACIÓN 0+040



ESTACIÓN 0+030



MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

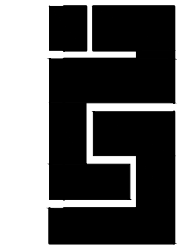
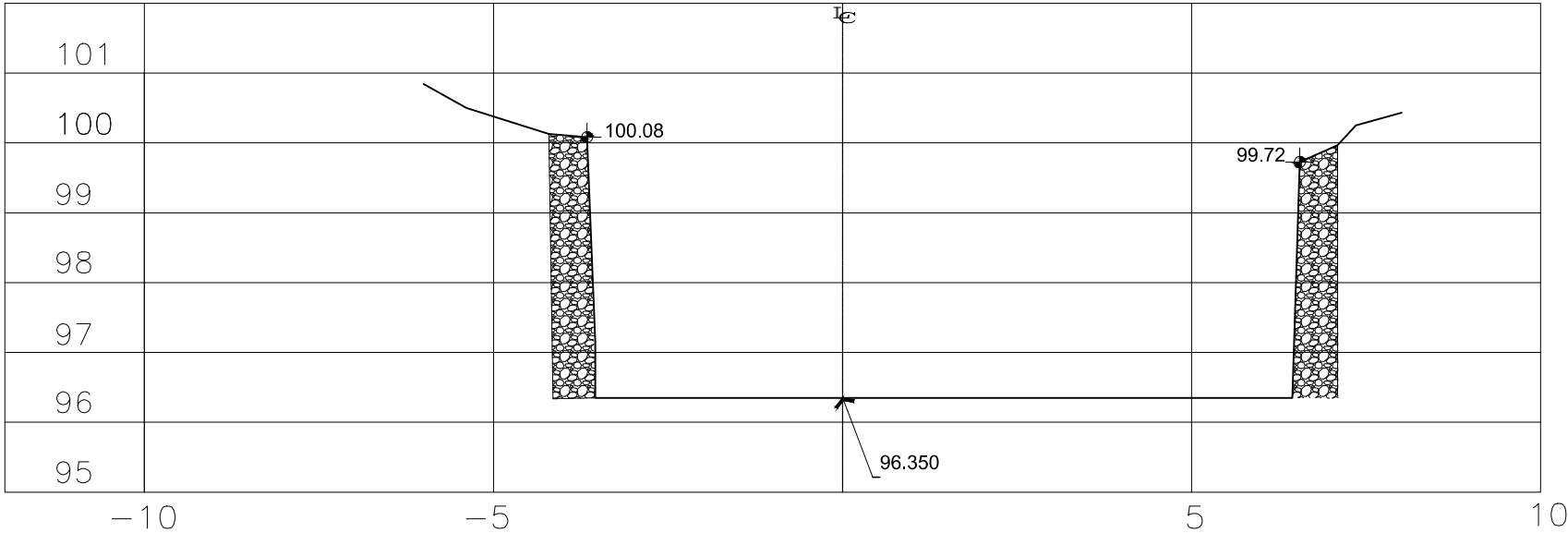
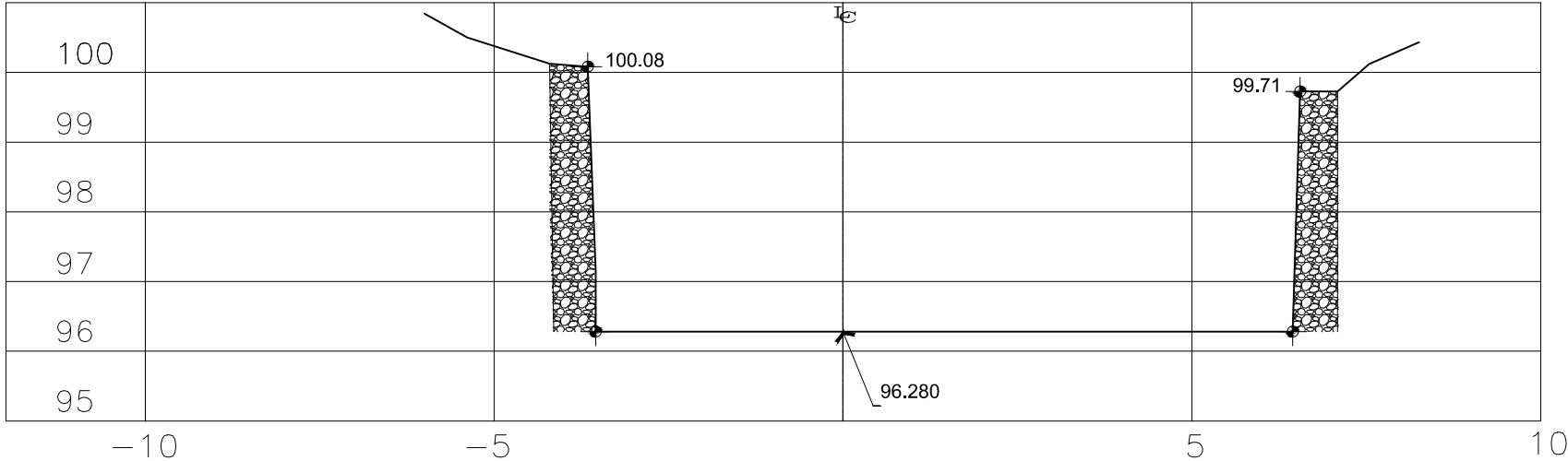
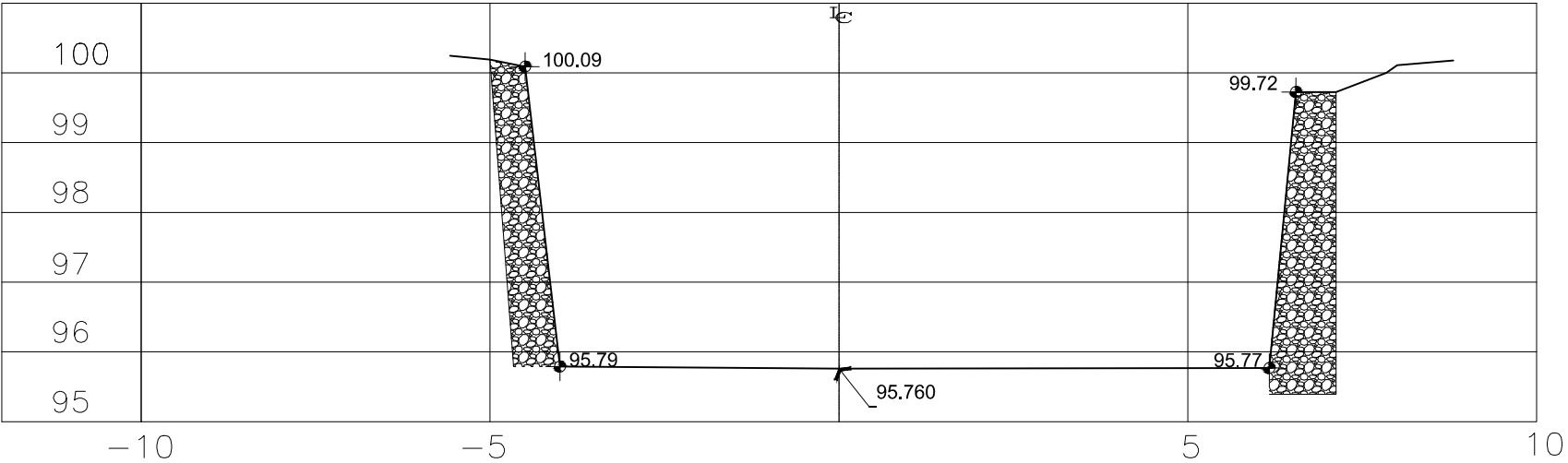
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+030 - 0+046.20

REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

ESCALA:
1 : 100

FECHA:
Febrero 2015



MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

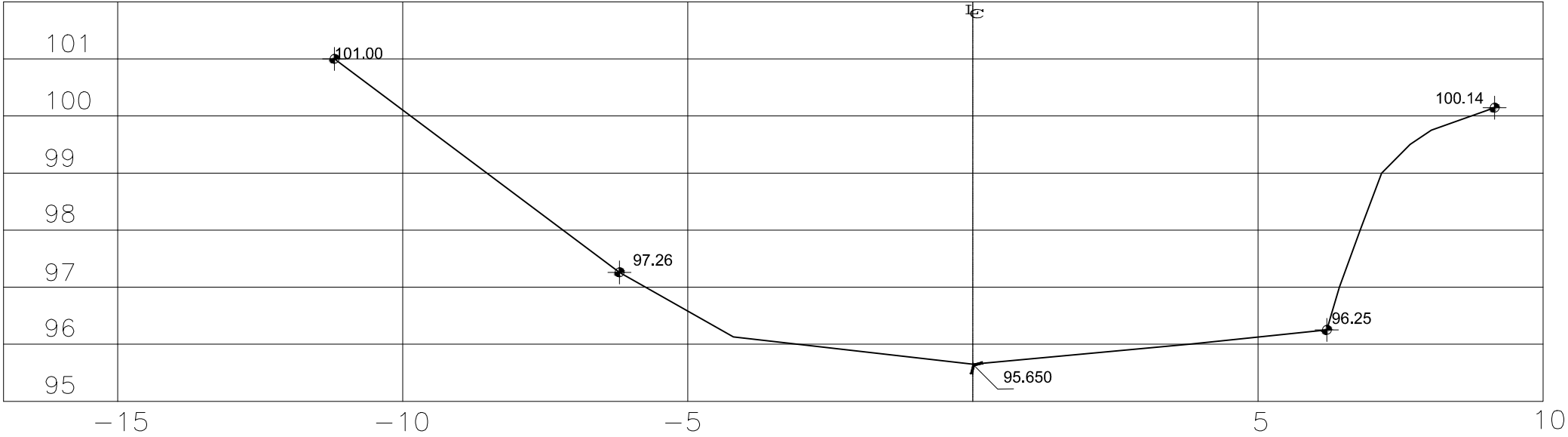
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+046.23 - 0+050

REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

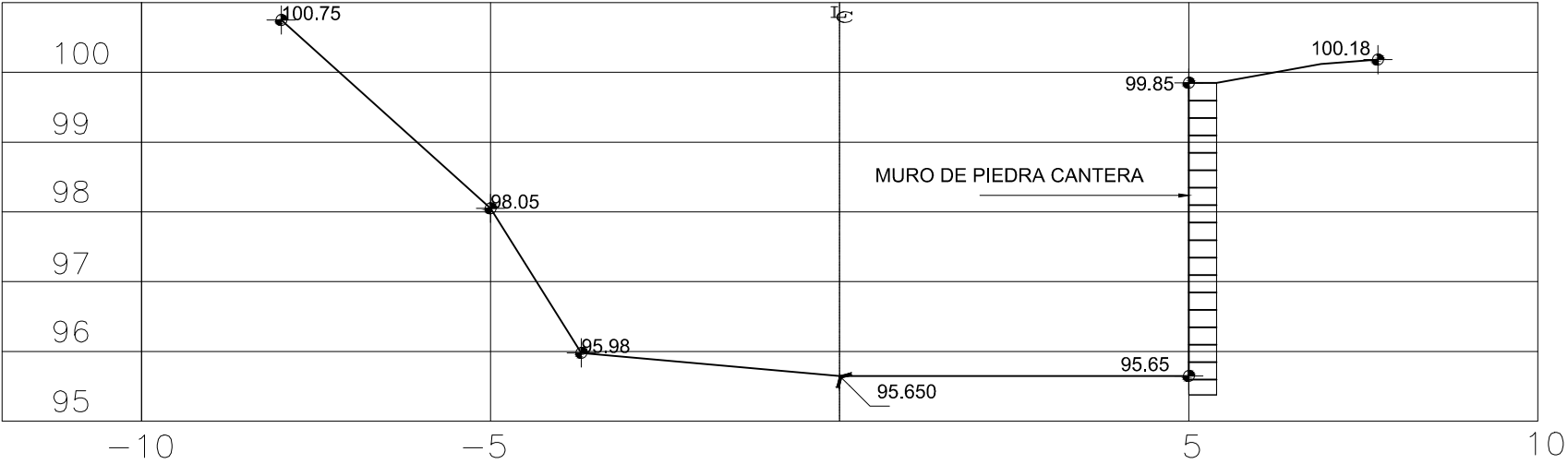
TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

ESCALA:
1 : 100

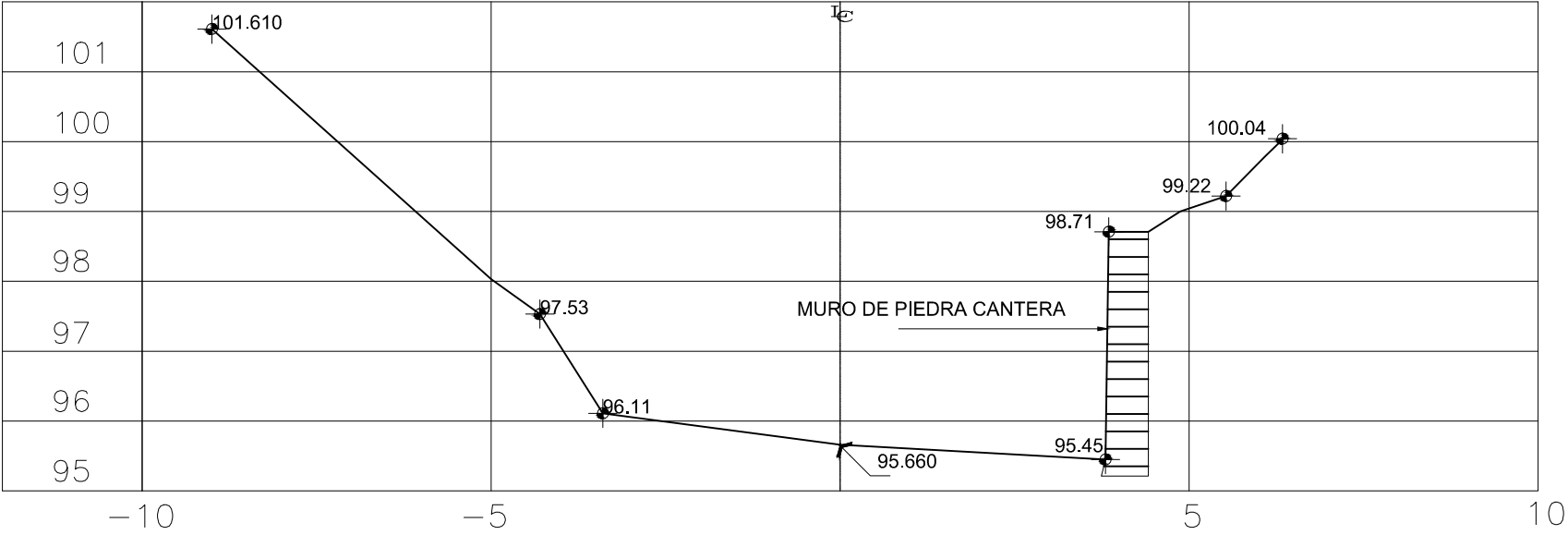
FECHA:
Febrero 2015



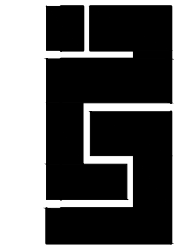
ESTACIÓN 0+060



ESTACIÓN 0+070



ESTACIÓN 0+080



MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

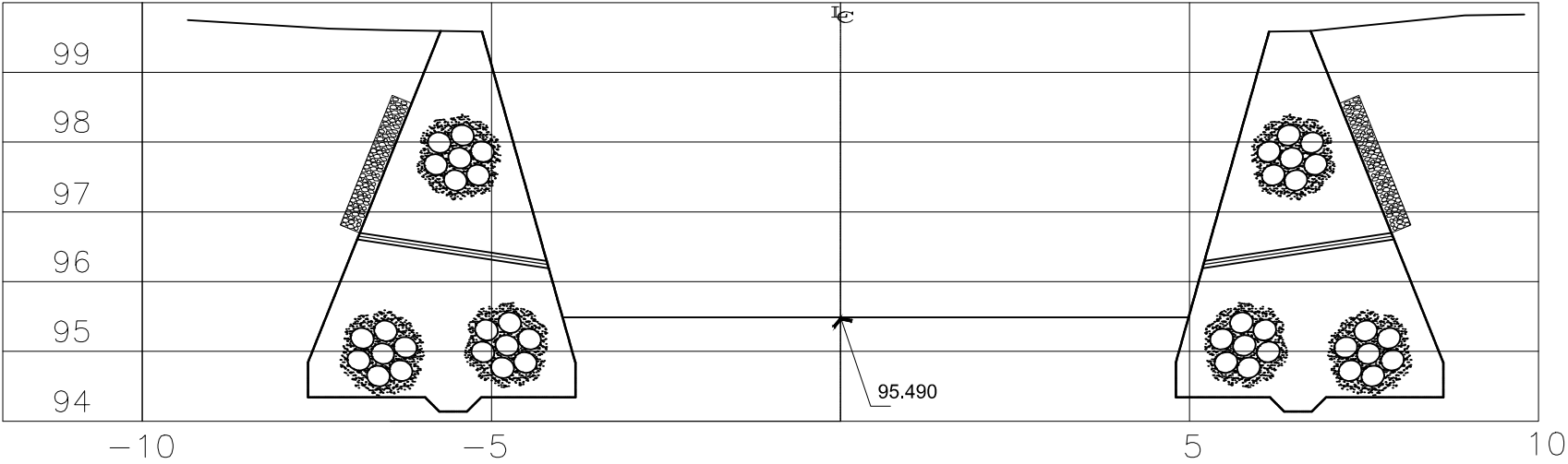
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+060 - 0+080

REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

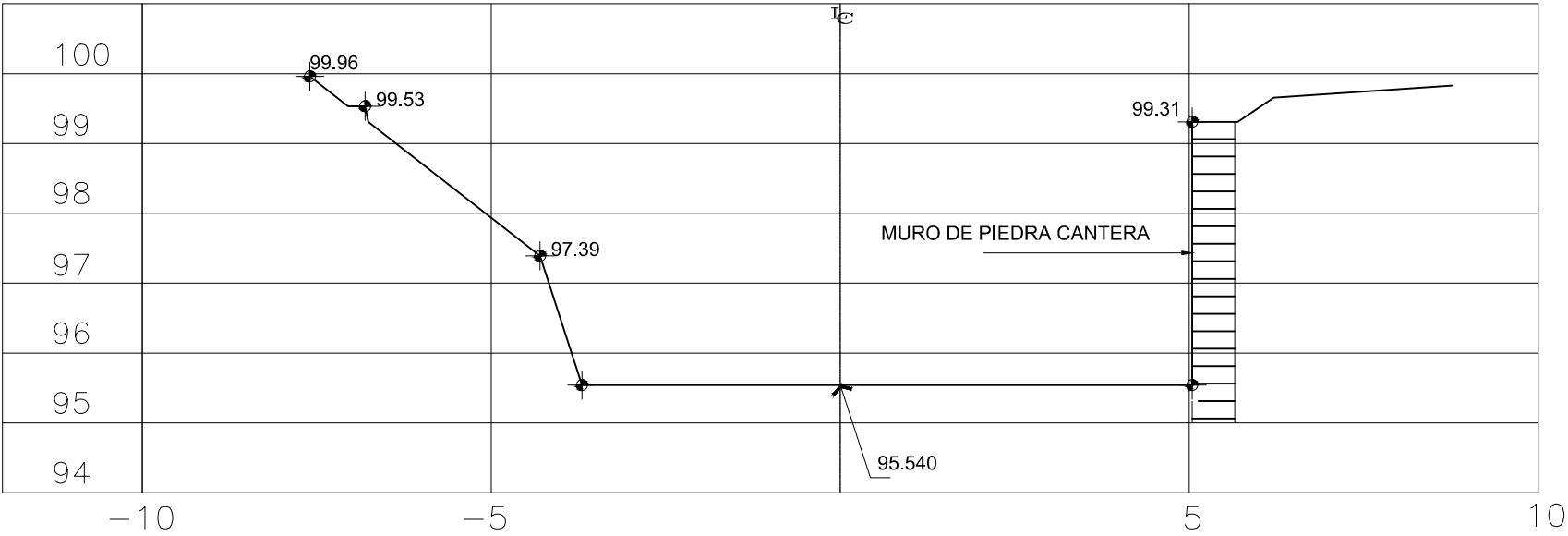
TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

ESCALA:
1 : 100

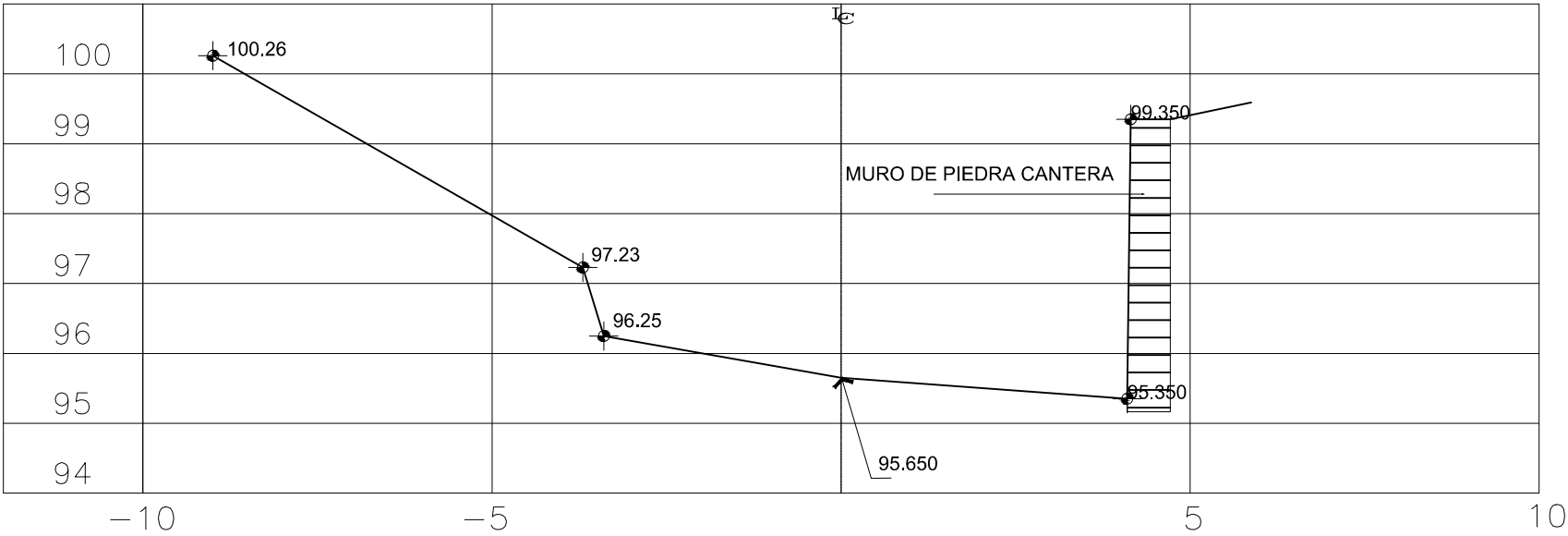
FECHA:
Febrero 2015



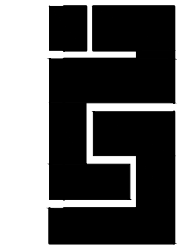
SECCION ④
ESTACION 0+091.44



ESTACIÓN 0+090



ESTACIÓN 0+085



MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+085 - 0+091.44

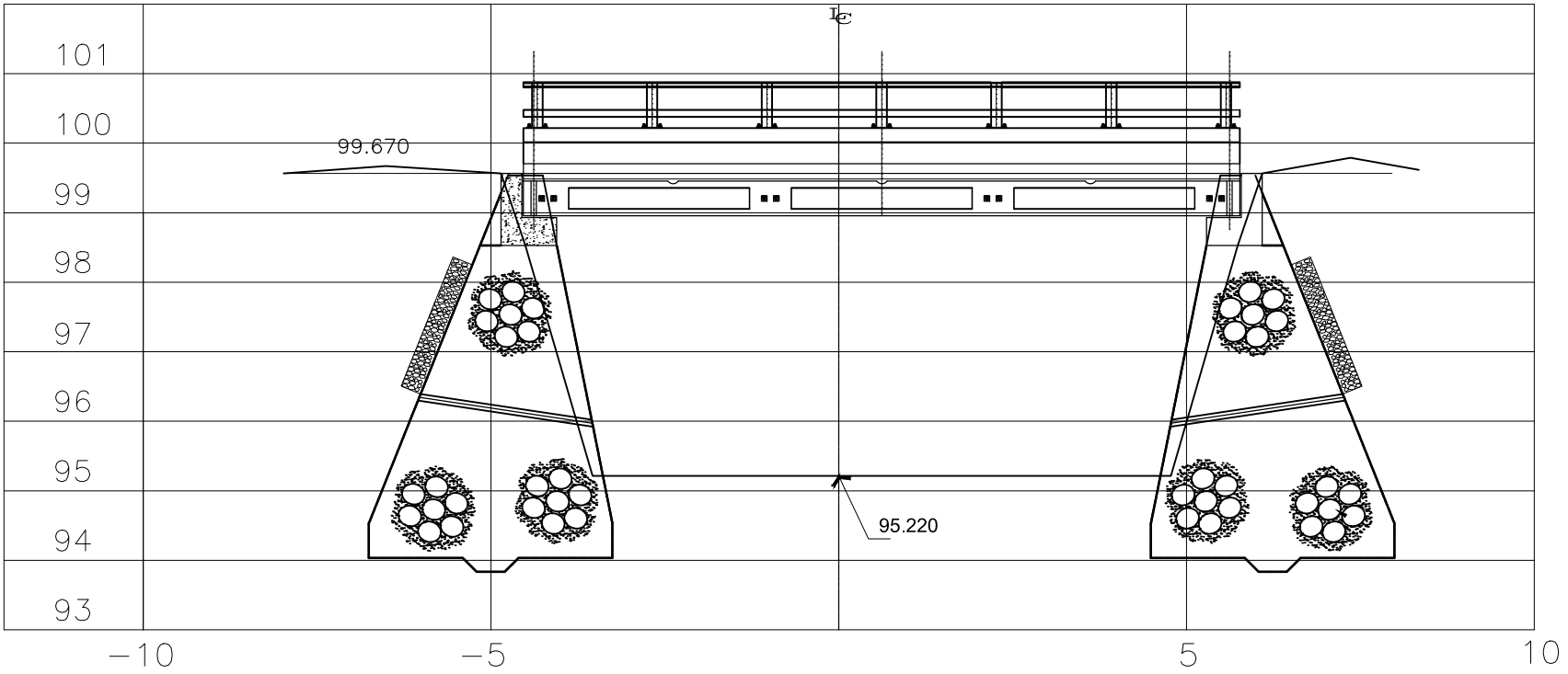
REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

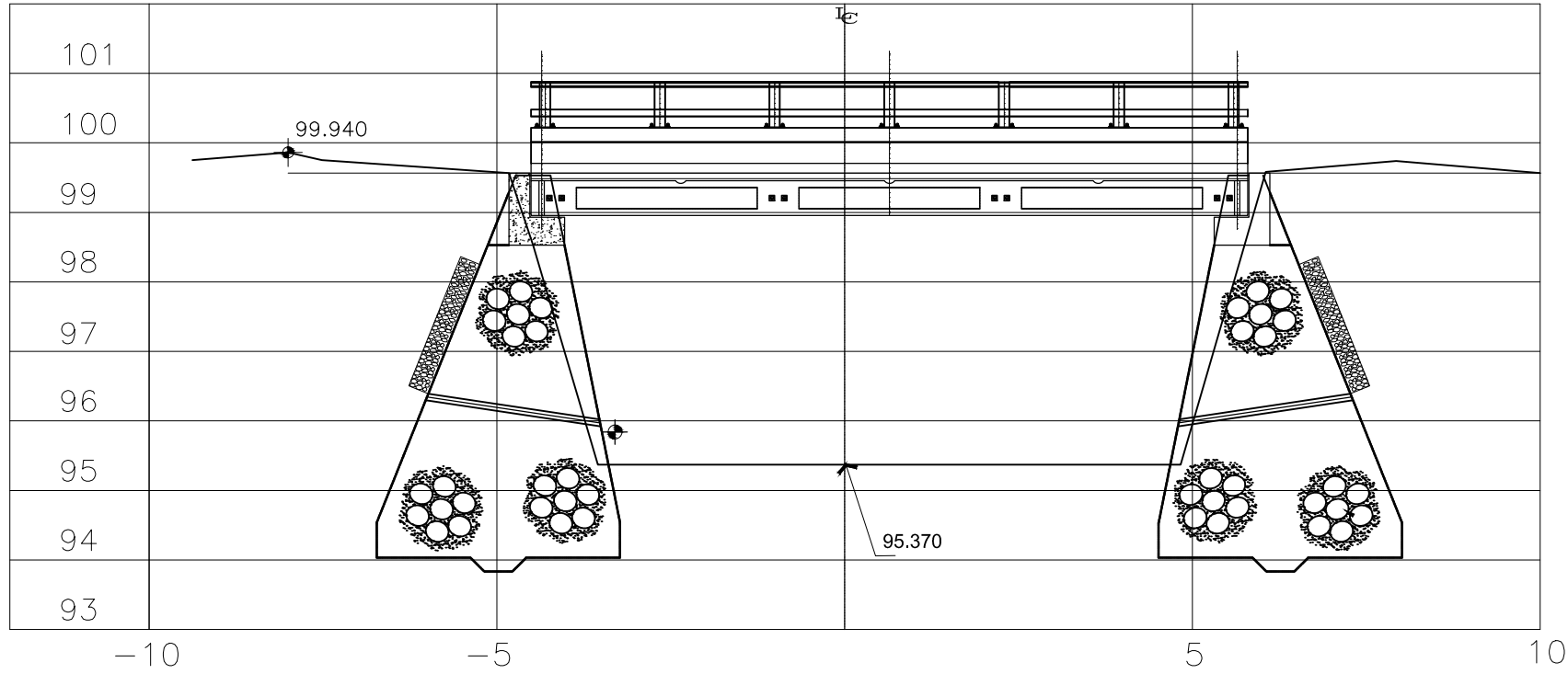
ESCALA: 1 : 100
FECHA: Febrero 2015

HOJA:
08

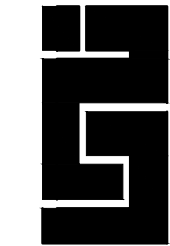
13



SECCION ②
ESTACION 0+104.87



SECCION ③
ESTACION 0+091.75



MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
"3" y "2"

REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

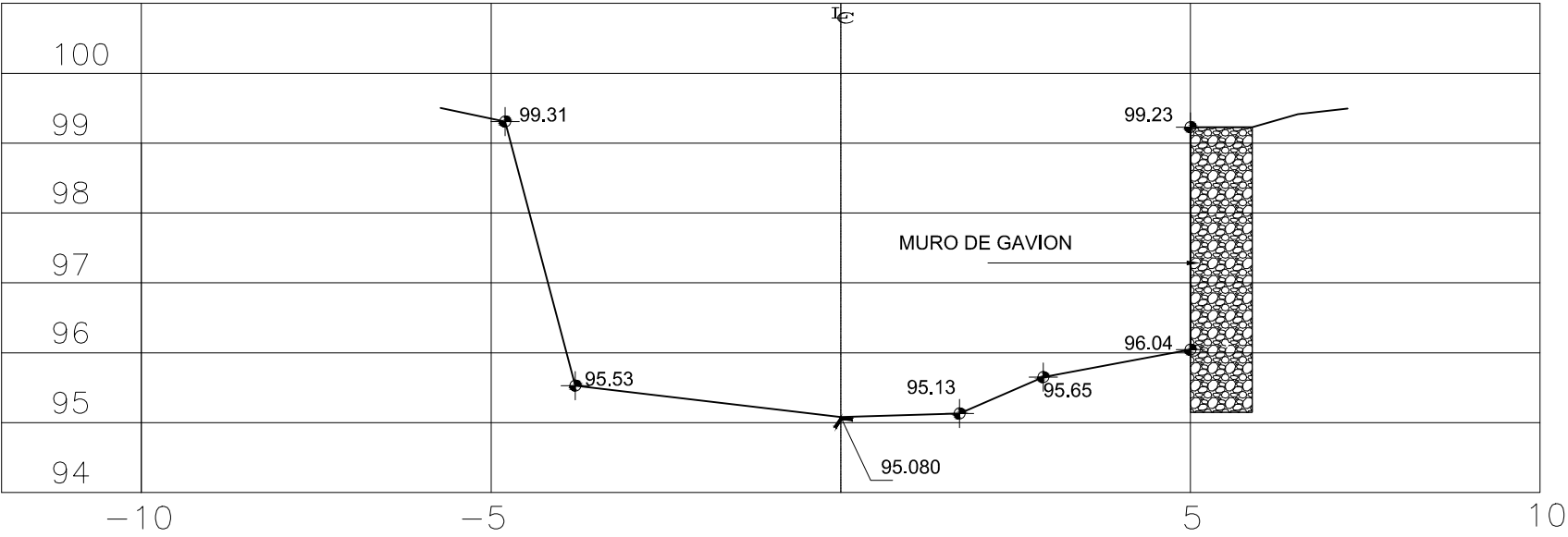
TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

ESCALA: 1 : 100
FECHA: Febrero 2015

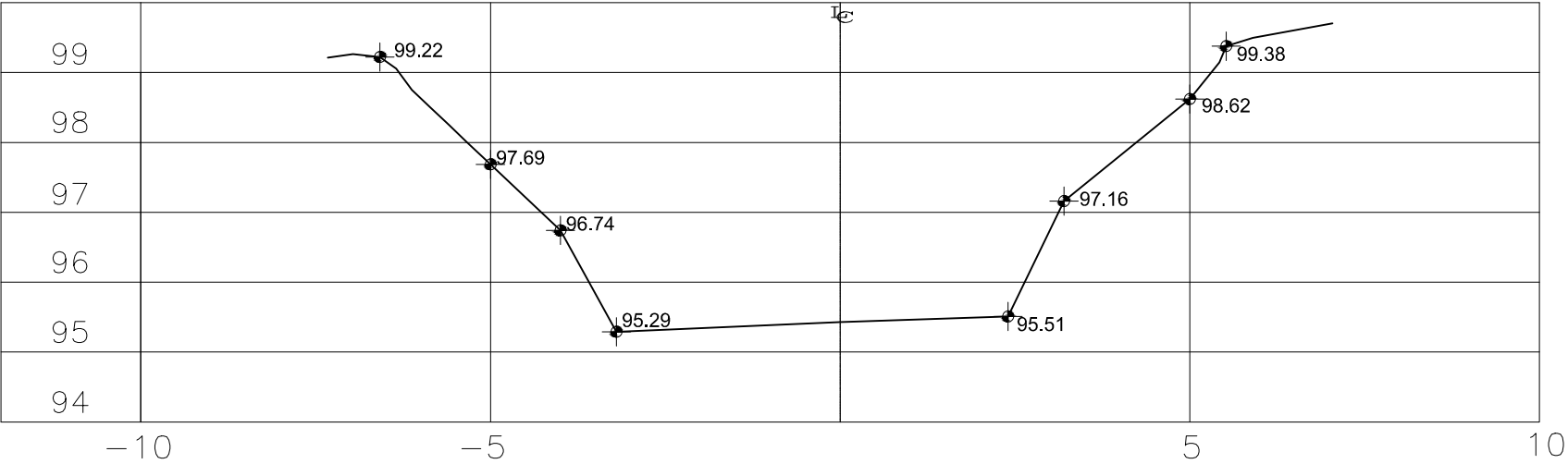
HOJA:

09

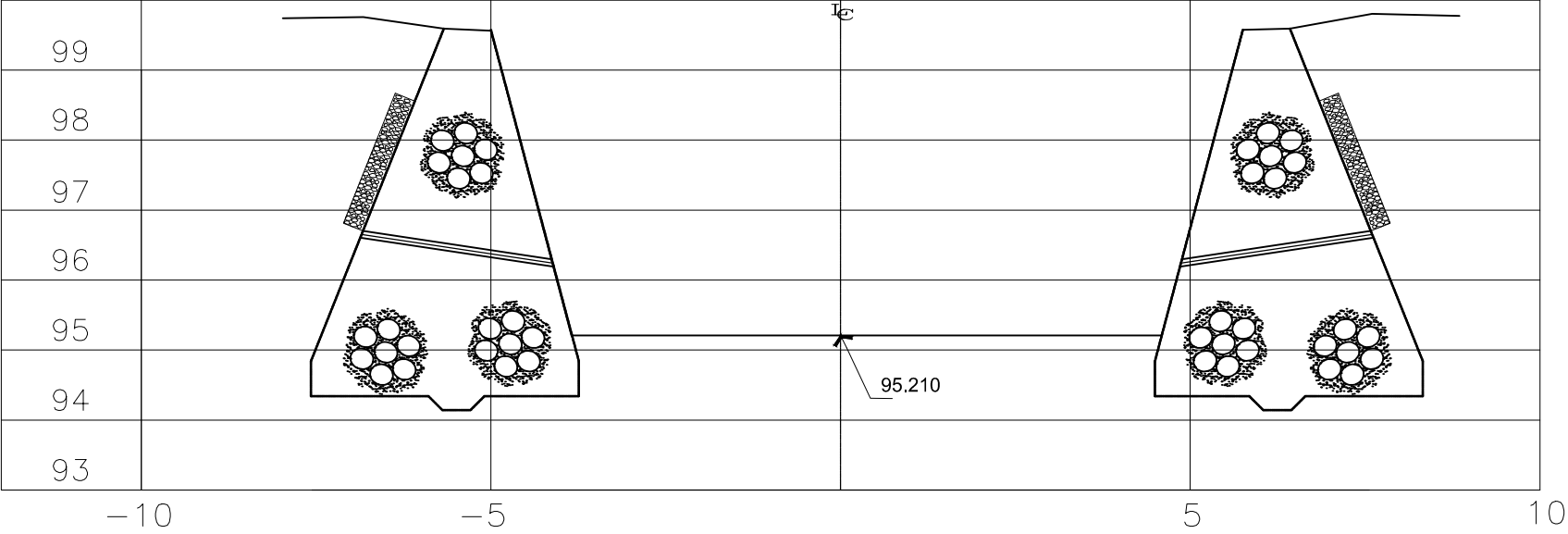
13



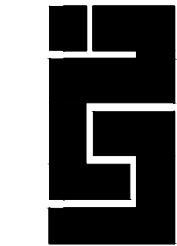
ESTACIÓN 0+120



ESTACIÓN 0+110



SECCION ①
ESTACION 0+105.10



MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

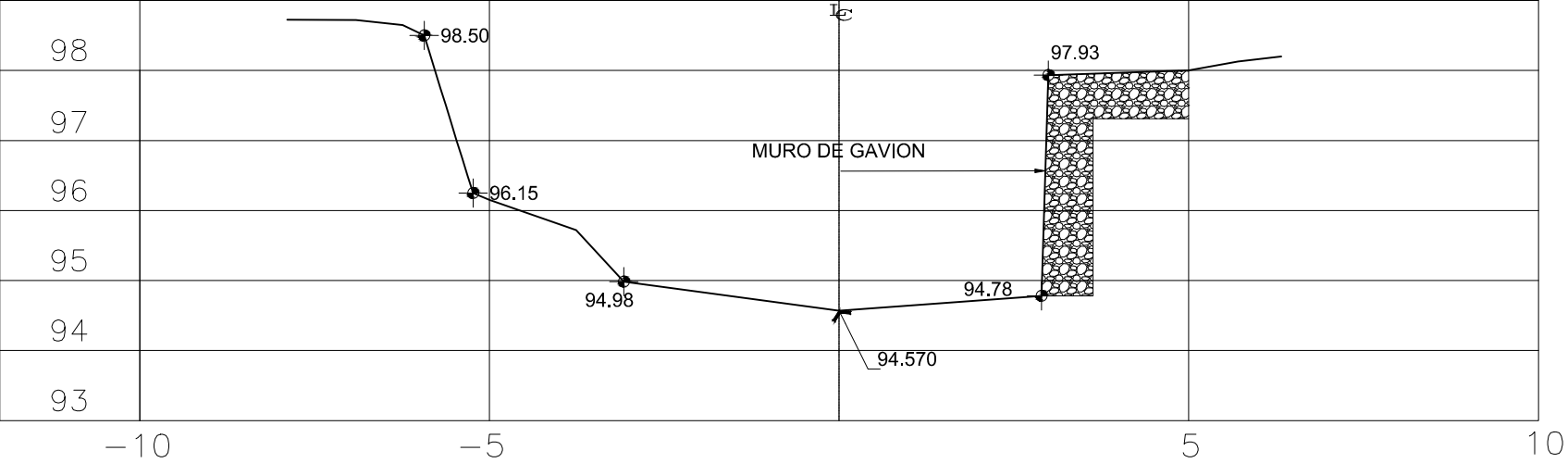
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
"1" - 0+120

REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

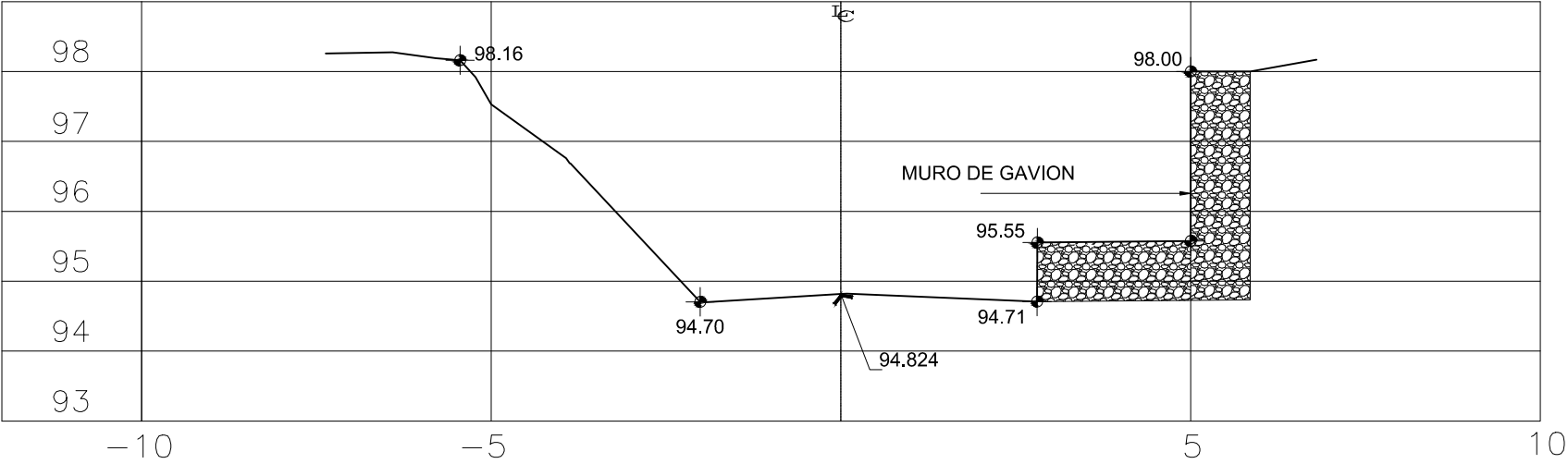
TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

ESCALA: 1 : 100

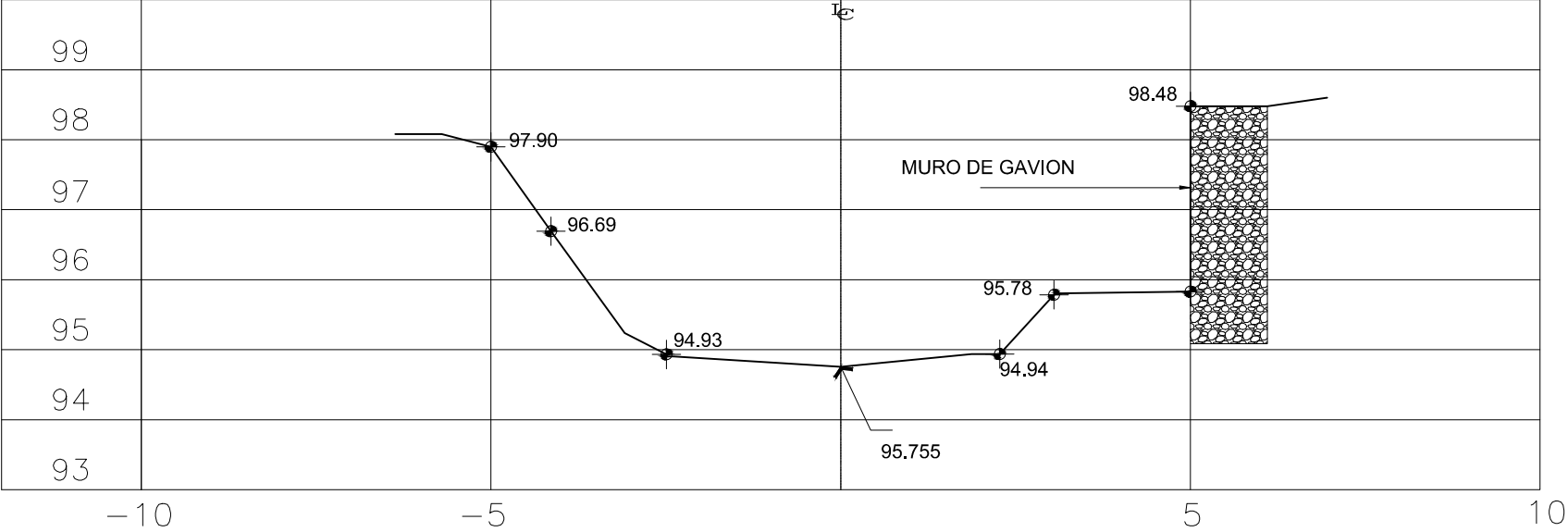
FECHA: Febrero 2015



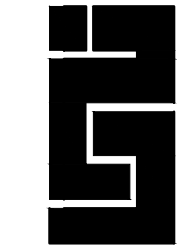
ESTACIÓN 0+150



ESTACIÓN 0+140



ESTACIÓN 0+130



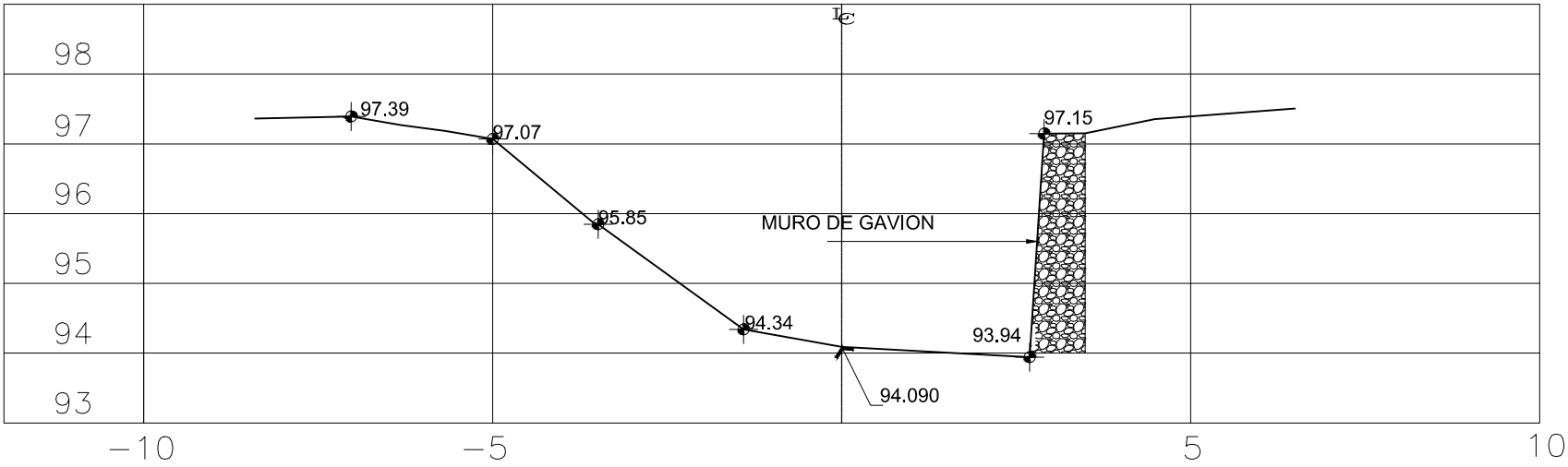
MONOGRAFIA:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+130 - 0+150

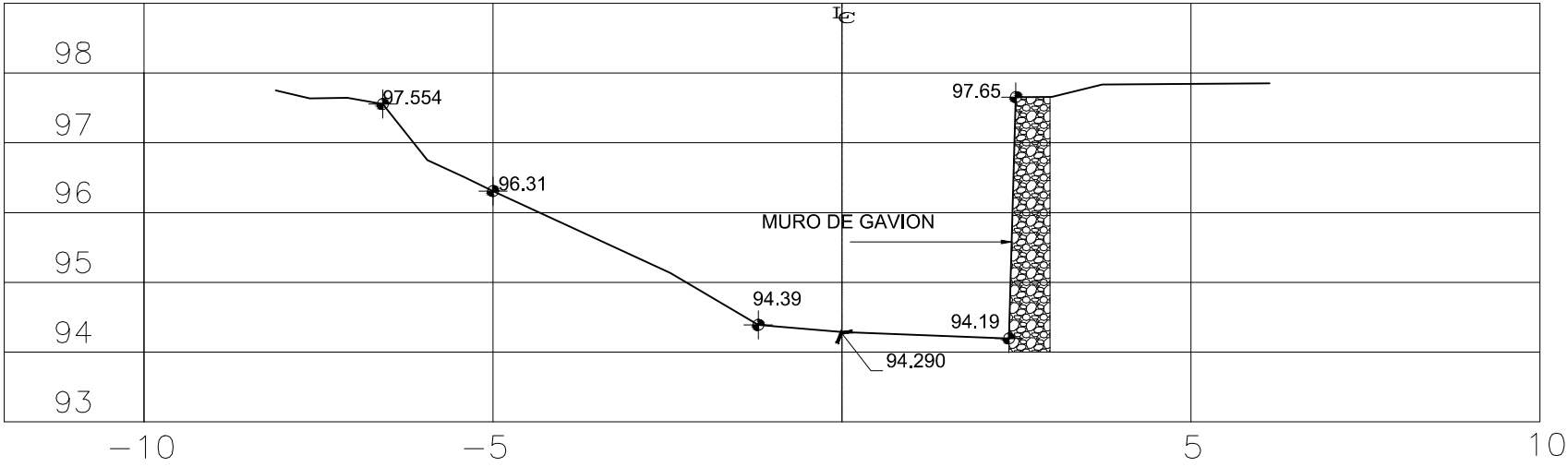
REALIZADO POR:
Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina

TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

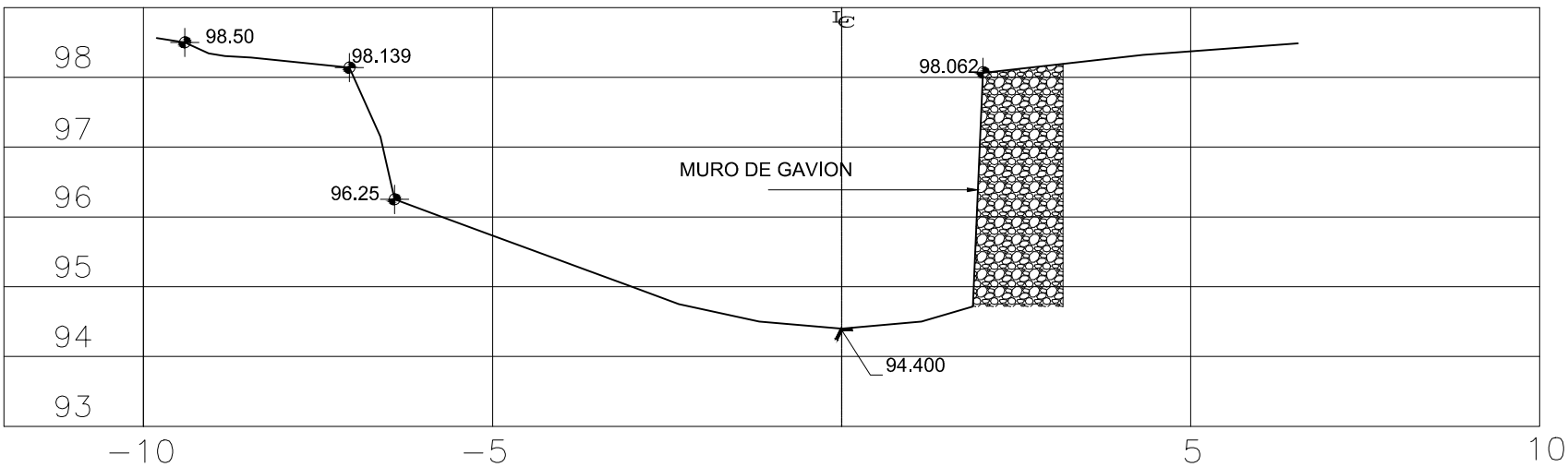
ESCALA: 1 : 100
FECHA: Febrero 2015



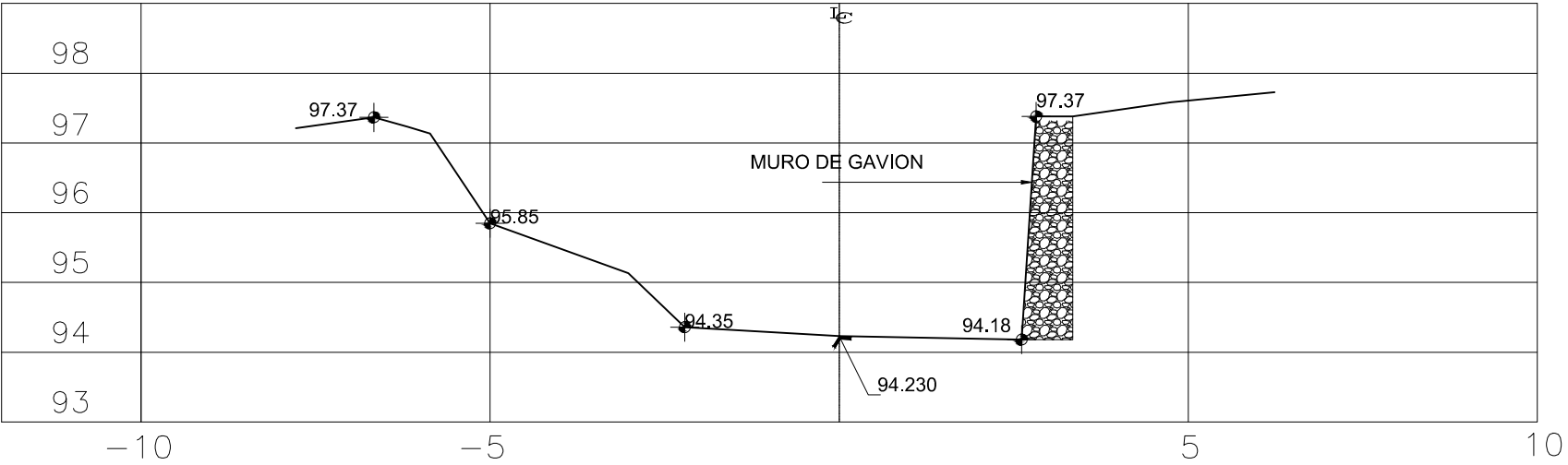
ESTACIÓN 0+180



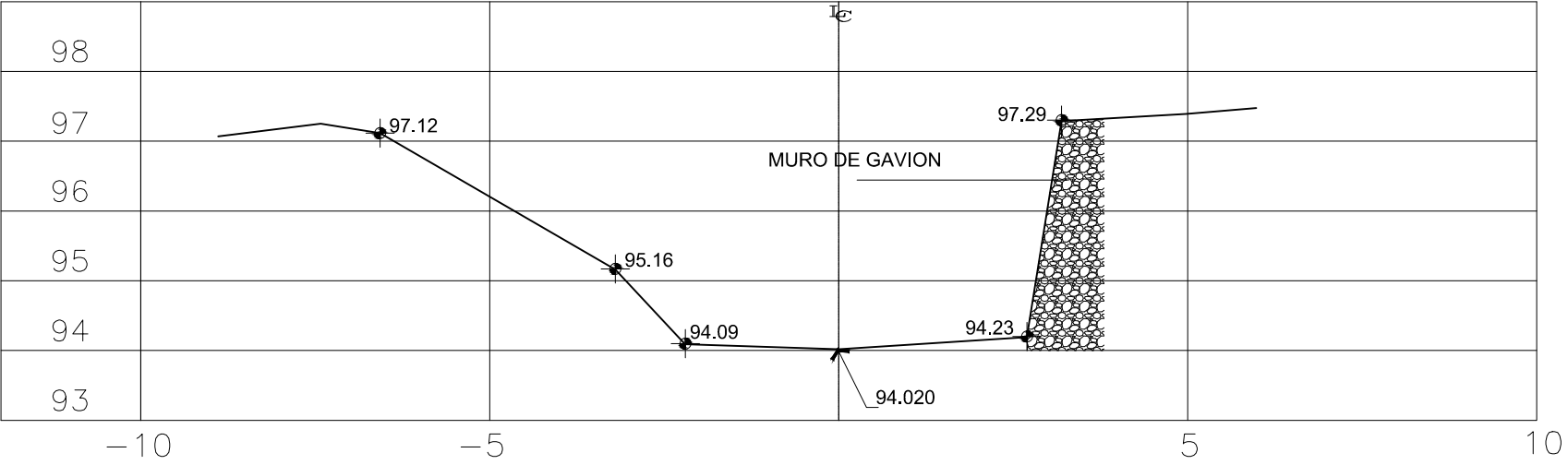
ESTACIÓN 0+170



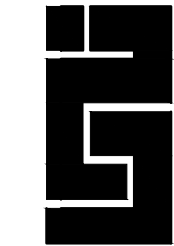
ESTACIÓN 0+160



ESTACIÓN 0+190



ESTACIÓN 0+200



MONOGRAFIA:
**ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE
VEHICULAR TIERRA PROMETIDA**

CONTENIDO:
**SECCIONES TRANSVERSALES
0+190 y 0+200**

REALIZADO POR:
**Br. Larry José Pérez Aburto
Br. Fabiola Gabriela Sánchez Molina**

TUTOR:
Dr. Nestor Javier Lanza Mejía.

ESCALA: 1 : 100

FECHA: Febrero 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

PÉREZ ABURTO LARRY JOSÉ

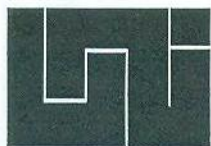
Carne: **2008-23748** Turno **Diurno** Plan de Estudios **97** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y dos días del mes de Mayo del año dos mil catorce.

Atentamente,



Secretario de Facultad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

SÁNCHEZ MOLINA FABIOLA GABRIELA

Carne: **2008-23595** Turno **Diurno** Plan de Estudios **97** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y dos días del mes de Mayo del año dos mil catorce.



Secretario de Facultad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
SECRETARIA DE FACULTAD

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2015

No. Recibo **41,684,377** No. Inscripción **1,049**

NOMBRES Y APELLIDOS: Larry José Pérez Aburto

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2008-23748

TURNO: Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 97

SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE
2015

FECHA: 10/04/2015

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura

NOTA: NO VALIDA SIN FIRMA Y SELLO

Pasar retirando Hoja de Matrícula en
Secretaría, presentando Recibo
Correspondiente

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 05-may-2015



FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
SECRETARIA DE FACULTAD

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2015

No. Recibo **41,684,035** No. Inscripción **1,048**

NOMBRES Y APELLIDOS: Fabiola Gabriela Sánchez Molina
CARRERA: INGENIERIA CIVIL CARNET: 2008-23595 TURNO: Diurno
PLAN DE ESTUDIO: 97 SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE 2015 FECHA: 10/04/2015

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura

NOTA: NO VALIDA SIN FIRMA Y SELLO

Pasar retirando Hoja de Matrícula en
Secretaría, presentando Recibo
Correspondiente

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 05-may-2015



FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO